

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL
ÁREA DE PRE LIMPIEZA DE ARROZ PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MOLINERÍAS GRUPO RAM S.A.C.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORA

LIZ KATERYN CHANCAFE PISFIL

ASESOR

MTRO. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre presente en mi vida, cuidar de mí, de mis padres y familia y por haberme permitido llegar hasta este nivel de mi carrera profesional

A mi padre Emiliano Chancafe por su apoyo incondicional durante toda mi vida y carrera profesional y por el amor que me demuestra día a día, siendo el motor que me impulsa a ser cada día mejor

A mi madre Gina Pisfil y familia por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y comprensión

AGRADECIMIENTOS

Al ing. Joselito Sánchez Pérez por su apoyo y por todos los conocimientos brindados

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

A Molinerías Grupo RAM S.A.C con su Gerente General Raúl Lara Néstaes por la
oportunidad y atención brindada

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	15
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	15
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	18
2.2.1 Indicadores de Productividad	18
2.2.1.1 Productividad	18
2.2.2. Flujo másico.....	19
2.2.3 Producción.....	19
2.2.4. Capacidad	19
2.2.5. Diagrama de Ishikawa	20
2.2.6. Método de recolección de datos	21
2.2.7 Tiempos muertos	21
2.2.8 Cálculo del número de observaciones requeridas	22
2.2.9 Procesos industriales	22
2.2.6 Automatización	22
2.2.7 Sistema de Control.....	23
2.2.8 Lazo de Control abierto	23
2.2.9 Lazo de Control cerrado	24
2.2.10 Sensor.....	24
2.2.11. Sensor capacitivo	24
2.2.12. Actuadores	26
2.2.13. Sistema de alarmas	27
2.2.14. Arranque Directo	27
2.2.15. Motor Jaula de ardilla	27
2.2.16. Funcionamiento de un motor eléctrico trifásico de jaula de ardilla	28
2.2.17. El motor Jaula de ardilla es un motor de inducción	28

2.2.18. Reductor	29
2.2.19. Contactores	29
2.2.20. PLC	29
2.2.21 Conmutador.....	30
2.2.22. Software	30
2.2.23. SoMachine.....	30
2.2.23.1. Descripción general.....	30
III RESULTADOS	34
3.1 DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	34
3.1.1. La empresa	34
3.1.2 Descripción del sistema de producción.....	35
3.1.3. Análisis para el Proceso de Producción	39
3.1.4 Análisis de Información.....	63
3.2 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS ...	64
3.2.1. Diagnóstico por causas.....	64
A. Métodos	64
A.1 Causa: Falta de Control.....	64
B. Mano de obra.....	68
B.1. Causa: Desconocimiento de la actividad, limpieza de impurezas.....	68
C. Maquinaria.....	70
C.1 Problemas en el Diseño.....	70
C.2 Bajo ritmo de producción.....	73
C.3. Causa: Tiempos muertos de maquinaria.....	83
3.3. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	86
3.3.1 Diseño del sistema automatizado para el control de descarga de sacos de impurezas de arroz en el área de pre limpieza	86
3.3.2. Sistema de panel de control	93
3.3.3. Diseño del sistema automatizado para evitar la acumulación de impurezas de arroz dentro de las tolvas de zarandas en el área de pre limpieza.	105
3.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	133
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 142
VI. ANEXOS 144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contactos dentro de So Machine	31
Tabla 2: Bobinas dentro de So Machine	32
Tabla 3: Leyenda de contactos y Bobinas	33
Tabla 4: Maquinarias dentro de la empresa.....	36
Tabla 5: Capacidades de máquinas en área de pilado.....	37
Tabla 6: Utilidad de saco de arroz de 50 kg por unidad en el 2018.....	37
Tabla 7: Arroz encontrado promedio por día en las Tolvas de Zaranda 1 y 2 en el año 2017-2018 (kg).....	43
Tabla 8: Capacidad Utilizada de Tolvas de zarandas en el 2017-2018	44
Tabla 9: Capacidad de Tolvas de zarandas	45
Tabla 10: Caída de flujo másico de arroz en promedio de zaranda 1 y 2.....	45
Tabla 11: Tiempos de llenado de impurezas en condiciones normales	46
Tabla 12: Tiempo de observaciones preliminares en minutos en el 2018	47
Tabla 13: Tabla de Mundel	49
Tabla 14: Cálculo de observaciones requeridas por actividad en el 2018.....	50
Tabla 15: Promedio de tiempo por actividad realizada en el área de pre limpieza	52
Tabla 16: Tiempo promedio de Actividades en el área de pre limpieza	54
Tabla 17: Tiempo promedio de actividades del área de Secado Industrial automático ...	55
Tabla 18: Tiempo promedio de actividades del área de Pilado	55
Tabla 19: Tiempo promedio de actividades del área de Ensacado y sellado automático .	55
Tabla 20: Resumen de actividades.....	57
Tabla 21: Resumen de actividades del Diagrama de Análisis de Proceso.....	59
Tabla 22: Tiempos de observaciones preliminares de llenado de impurezas en minutos	59
Tabla 23: Cálculo de observaciones requeridas	60
Tabla 24: Promedio calculado de tiempo de llenado por tipo de impurezas en el 2018 ...	61
Tabla 25:Tiempo de llenado de impurezas	61
Tabla 26: Tiempo de llenado de impurezas en condiciones normales.....	65
Tabla 27: Tiempo de llenado de impurezas transcurrido el tiempo.....	65
Tabla 28: Descargas de impurezas a destiempo	65
Tabla 29: Número de observaciones requeridas de tiempos de descarga de impurezas a Destiempo	65
Tabla 30: Tiempo promedio de Descarga de Impureza a destiempo	66
Tabla 31: Tiempo muerto de zarandas 1 y 2 en el 2018.....	66
Tabla 32: Número de observaciones requeridas para hallar el tiempo muerto promedio	66
Tabla 33: Tiempo muerto promedio de zarandas 1 y 2 en el 2018	67
Tabla 34: Número de veces que se realiza de limpieza manual de impurezas en las tolvas de las zarandas en el 2018.....	69
Tabla 35: Registro de tiempos muertos de maquinaria por motivo de flujo másico cero	71
Tabla 36: Número de observaciones requeridas para promedio de tiempo muerto de maquinaria por flujo másico cero.....	71
Tabla 37: Tiempo muerto de maquinaria por caída de flujo másico cero en el 2018.....	72
Tabla 38: Registro de flujo másico calculado al día en el 2018.....	75
Tabla 39: Caídas de flujo másico de arroz de la zaranda 1 y 2 en el 2018.....	79

Tabla 40: Diferencia de Capacidad de Tolva de Zarandas	82
Tabla 41: Tiempo muerto promedio de máquina pre limpiadora al mes	83
Tabla 42: Utilidad no percibida por tiempos muertos de maquinaria en el área de Pre – Limpieza con relación a la Energía Eléctrica	84
Tabla 43: Cantidad de arroz utilizado y pre limpiado	84
Tabla 44: Impacto Económico en el área de pre-limpieza al mes.....	85
Tabla 45: Indicadores Actuales.....	85
Tabla 46: Fórmula eléctrica para motor trifásico.....	96
Tabla 47: Entradas del sistema en el PLC TM221CE24R	99
Tabla 48: Salidas del Sistema en el PLC TM221CE24R	101
Tabla 49: Tipo de material	107
Tabla 50: Tipo de Hélice a escoger para el tornillo sinfín	108
Tabla 51: Medidas de Grosor de impurezas encontradas en el 2017	109
Tabla 52: Características del tornillo sinfín diseñado	112
Tabla 53: Características del Canalón	114
Tabla 54: Características del protector de tornillo sinfín	114
Tabla 55: Velocidad máxima según la clase de material	116
Tabla 56: Coeficiente de Resistencia según material transportado.....	117
Tabla 57: Comparación de indicadores de la propuesta	132
Tabla 58: Capacidades promedio al mes.....	132
Tabla 59: Costo de energía eléctrica mensual de la propuesta	134
Tabla 60: Costo de Instalar el proyecto	136
Tabla 61: Beneficio Costo de la propuesta.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Ishikawa	21
Figura 2: Sistema de control de lazo abierto	23
Figura 3: Sistemas de Control de lazo cerrado.....	24
Figura 4: Principio de operación de los sensores capacitivos.....	25
Figura 5: Principio de funcionamiento de los sensores capacitivos.....	25
Figura 6: Control de nivel de llenado de sólidos en un recipiente	26
Figura 7: Diagrama de bloque de un semáforo simple	26
Figura 8: Motor Jaula de ardilla	27
Figura 9: PLC en un control de procesos.....	30
Figura 10: Objeto asociado con contactos y bobinas	32
Figura 11: Diagrama de contactos equivalentes a circuitos de relé.....	33
Figura 12: Organigrama de la empresa en estudio	35
Figura 13: Estructura de Tolvas de Zarandas.....	39
Figura 14: Visión general del funcionamiento del área	40
Figura 15: Tolvas de Zarandas 01 y 02	41
Figura 16: Estructura interna de Tolvas de Zarandas	42
Figura 17: Peso de Impurezas encontradas dentro del Tolvas por limpieza manual realizada con Balanza de Precisión.....	44
Figura 18: Diagrama de Operaciones de Procesos.....	56
Figura 19: Diagrama de Análisis de Proceso	58
Figura 20: Diagrama de Recorrido.....	62
Figura 21: Diagrama de Ishikawa	64
Figura 22: Limpieza manual de impurezas en tolvas de zarandas.....	69
Figura 23: Estructura interna de Tolvas.....	70
Figura 24: Caída de flujo másico utilizado de arroz de la zaranda 1 en el 2018.....	80
Figura 25: Caída de flujo másico de arroz de la zaranda 02 del 2018	81
Figura 26: Sensor capacitivo SCS 35.....	87
Figura 27: Dimensiones de Sensor capacitivo SCS 35	87
Figura 28: Dimensiones de los soportes o platinas de saco de impurezas (Palote I y Polvillo).....	90
Figura 29: Dimensiones de los soportes o platinas de saco de impurezas (Palote II y Paja)	91
Figura 30: Ubicación de soportes y Sensores dentro del sistema	92
Figura 31: Alarma XVR 3M04S	93
Figura 32: Paro de emergencia XB5AS8442.....	93
Figura 33: Pulsador rojo no luminoso XB4BA42.....	94
Figura 34: Pulsador verde no luminoso XB4BA31	94
Figura 35: Piloto Verde XB5AVM3	94
Figura 36: Piloto Rojo XB5AVM4.....	95
Figura 37: Relé PNAS/PNAT	95
Figura 38: Características de PLC TM221CE24R	95
Figura 39: Características de Guarda motores tipo 2 para pedidos	97
Figura 40: Contactores tipo 2 Tripolares LC1D09Q7.	97
Figura 41: Alimentación del PLC TM221CE24R	98

Figura 42: Salidas del PLC TM221CE24R.....	100
Figura 43: Tablero de control del sistema propuesto	102
Figura 44: Funcionamiento del Diseño del sistema propuesto.....	103
Figura 45: Partes de un tornillo convencional.....	106
Figura 46: Impureza (Paja).....	109
Figura 47: Paso del Tornillo.....	110
Figura 48: Tornillo sinfín	111
Figura 49: Canalón especial de Tornillo sinfín.....	113
Figura 50: Protector de Tornillo sinfín	115
Figura 51: Características de motor trifásico-Jaula de ardilla para pedidos.....	119
Figura 52: Ubicación de Tornillo sinfín y motor en la máquina.....	120
Figura 53: Circuito de Fuerza	121
Figura 54: Partes del Diseño del tornillo sinfín especial propuesto.....	122
Figura 55: Diseño del sistema automatizado en el área de pre limpieza.....	123
Figura 56: Ubicación de salida de impureza (Polvillo), su alarma y panel de control de motor I.....	124
Figura 57: Ubicación de salida de impureza (Paja) y su alarma	125
Figura 58: Ubicación de salidas de impureza (Palote I y Palote II), sus alarma y panel de control de motor II	126
Figura 59: Simulación de la propuesta con Somachine (elección PLC)	127
Figura 60: Simulación de la propuesta con Somachine (visualización de controlador) ..	128
Figura 61: Simulación de la propuesta con SoMachine (visualización de activación de motores)	130
Figura 62: Simulación de la propuesta con SoMachine (Visualización de activación de alarmas)	131

RESUMEN

El presente trabajo se centra en la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C. empresa molinera dedicada a la producción y comercialización de arroz en el departamento de Lambayeque. Actualmente procesa seis tipos de arroz, todas con una gran demanda en el mercado aún no atendida en su totalidad, y con un proceso de manufactura en común llamado pre limpieza, el cual presenta una baja productividad debido a problemas en el diseño de maquinaria junto con la falta de control del sistema por parte del operario que debe realizar ciertas operaciones que involucra su seguridad, generando así un impacto económico anual de S/. 73 583,495 sobre la empresa.

Como solución a los problemas presentados primero se Diagnosticó la situación actual de la empresa del proceso de pre limpia, luego se logró presentar el diseño de sistema automatizado en el software CAD SolidWorks que permite modelar piezas y conjuntos realizando también sus planos eléctricos. Asimismo, se utilizaron herramientas de automatización que actualmente están teniendo auge en la industria por medio de un controlador lógico programable PLC TM221CE24R, que realizará toda la lógica de control del sistema el cual fue simulado mediante el programa So Machine. Con el área de pre limpieza automatizada se logró mejorar los indicadores actuales de la empresa, teniendo como resultado que la productividad aumentó en un 46,61% siendo la productividad actual de 61.489% y la propuesta 91.04%. También se logró eliminar actividades de riesgo que realizaba el operario, así como tiempos muertos de maquinaria que implica gasto de consumo eléctrico y sacos no producidos. Se concluyó que el proyecto tendrá una inversión total de S/.303 955,83, un costo beneficio de 2,90 y un periodo de recuperación de 4 meses y 3 días siendo un proyecto muy viable y rentable para la empresa.

Palabras Clave: Sistema automatizado, Pre limpieza de arroz, Productividad, SoMachine, Solidworks

ABSTRACT

In the present work the process of precleaning of rice is detailed, which is then dried industrially. In this process, problems such as downtime due to manual discharge at the time of impurities and their accumulation in hoppers due to the lack of manual cleaning are observed. At the same time this last operation is carried out in order to extract impurities residues inside the hoppers represents a danger to the operator as it is performed while the machine is still running. All these problems affect the productivity of the company and therefore its income.

For all the problems detailed above, it is proposed the automation of this area, which includes the installation of sensors and other systems which together would increase productivity by 46,60%. with current productivity being 66,65% and the proposal 91,04 %. Likewise, the efficiency of the plant will increase from 68,20% to 94%.

The proposal presented in this project was developed in accordance with the stated objectives that are; To diagnose the current situation of the company in the process of pre-cleaning rice, taking data through study methods such as observation, flow diagrams, Man-Machine diagram. For the proposal of the design of the automated system, Solidworks a CAD software that allows the modeling of parts and assemblies, was used. Automation tools are currently being developed in the industry through a programmable logic controller (PLC). all the control logic of the system which was simulated using SoMachine. Finally, the realization of a cost-benefit analysis of the proposal of the automated design.

The proposed design seeks to substantially improve the processes of pre-cleaning and unloading from a manual method to a simpler process where the operator works without overload and without exposing it to hazards and probable risks that go hand in hand with increasing productivity in the company, improve efficiency from 68.2 to 94% across the plant.

Keywords: Automated system, Pre-cleaning rice, Productivity, SoMachine, Solidworks

I. INTRODUCCIÓN

En 2015, Asociación Peruana de Molineros de Arroz [1] menciona que el arroz es uno de los productos más consumidos, se adquiere como grano entero o grano partido y que se obtienen subproductos como la cáscara de arroz el cual puede ser aprovechado como materia prima para hacer funcionar máquinas a Biomasa, recalca que Lambayeque en el 2016 incrementó en un 25% la producción de arroz haciendo más competitivo el mercado de este producto tan demandado.

En [2] menciona que los sistemas de automatización se han transformado en un elemento clave para mejorar la competitividad de las empresas y optimizar los procesos de producción, trayendo consigo grandes ventajas a las empresas que decidan adoptar estos sistemas

Los sistemas de automatización se han transformado en un elemento clave para mejorar la competitividad de las empresas y optimizar los procesos de producción, trayendo consigo grandes ventajas a las empresas que decidan adoptar estos sistemas como lo menciona en 2016, Pérez [2]

En 2010, Creus [3] menciona que dentro del campo de la producción industrial la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado. Ningún empresario toma a la ligera la automatización de sus procesos para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios y sobre todo aumentar productividad y rentabilidad

Molinerías Grupo RAM S.A.C. es una empresa del rubro de manufactura que se encuentra ubicada en la carretera Panamericana Norte km 777 con RUC 20480096208. Desde sus inicios se dedicó a la producción y comercialización de arroz. Los tipos de arroz que comercializan son seis, que cuentan con una gran demanda aún no atendida en su totalidad, ésta demanda es evaluada por mes para la aceptación de pedidos, cuenta con un proceso de manufactura llamado pre limpieza, proceso el cual consiste en encender las fajas transportadoras que llevan el arroz a un pre limpia conectada con zarandas, además con una actividad importante que es la descarga manual de impurezas de arroz. Las actividades que realiza el operario cuenta con poca supervisión y control.

El proceso de pre limpia de arroz presenta una baja productividad debido a diferentes causas lo cual genera grandes pérdidas económicas en la empresa anualmente y además tiene un impacto sobre el trabajador durante el proceso de pre limpia

El sistema automatizado presentado será capaz de aumentar la producción de arroz pre limpiado al día, aprovechando mejor el tiempo actual, aumentando la caída de arroz directo de campo para una mayor producción de arroz pre limpiado al día y controlando de manera

indirecta la descarga de impurezas de arroz mediante PLC, logrando así aumentar la productividad del proceso, simplificar y mejorar las condiciones de trabajo para el colaborador, reducir desperdicios y sobre todo aumentar la rentabilidad de la empresa.

Para la presente propuesta se toma como objetivo general el Proponer el diseño de un sistema automatizado para incrementar la productividad en el área de pre limpieza de arroz en la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C. basado en los siguientes objetivos específicos; Diagnosticar la situación actual de la empresa del área de pre limpieza de arroz, Proponer y simular el diseño de sistema automatizado realizando por último un análisis costo-beneficio de la propuesta del diseño automatizado.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En 2016, Arboleda Obando [4] en su investigación “Mejora de la producción con el diseño de un sistema automatizado para la mezcla de arena y sustrato en Vivero Génesis S.A.C.” La investigación está basada en Vivero Génesis, empresa especializada en la producción de plántulas de hortalizas de forma artesanal para exportación como espárrago, alcachofa, pimientos y ajíes de todo tipo, melones, tomates, sandías sin semilla, brócoli, entre otras. Como objetivo principal señaló diseñar un sistema automatizado para el mezclado de arena y sustrato para mejorar la producción, el diseño se realizó en el programa SketchUp y el sistema de control y programación en PLC Twido Suite, está perfilado para controlar en tiempo real y en el ambiente de tipo industrial los procesos de producción. Además, se utilizó mecanismos de control automático como: sensores, válvulas, módulos de control, los cuales interactúan emitiendo señales eléctricas, las cuales son procesadas dando como resultado soluciones de acuerdo al tipo de necesidad que se requiere en el sistema de la mezcladora. Este sistema permitirá que el operario intervenga un 15% en el mezclado, transporte, enfriado y llenado. Mejorando la productividad en el proceso y logrando la producción esperada. Reduciendo costo y obteniendo una utilidad promedia de 228 672,86 durante los cinco primeros años de inversión.

En 2016 Chambi Mamani [5] en su investigación “Diseño y cálculo de una prensa de tornillo para estrujar 250 kg/h pulpa de pescado”. En la investigación se ha realizado el diseño y cálculo de una prensa de tornillo. Primero se realiza un estudio de características de carne de pescado y se selecciona el tipo de proceso más adecuado. Finalmente, mediante ensayos de laboratorio, se determinó las propiedades físicas necesarias para el diseño de la prensa de tornillo. Se realiza una descripción de la prensa de tornillo y que requerimientos u objetivos debe alcanzar el diseño de este equipo, se determinaron dimensiones, materiales, potencia. Se concluye que la prensa de tornillo para la pulpa de pescado es una alternativa ventajosa de uso industrial porque permite una producción continua, reducen gran cantidad de mano de obra (hasta en un 40%), los volúmenes de producción son mayores y además la posibilidad de automatizar. Se tiene una humedad de 74% en comparación a la natural del 75%, asimismo disminuye hasta el 50% las presiones para llegar a la humedad requerida.

En 2016, María Elena Anaya-Pérez [6] en su investigación “Incremento de productividad a través del diseño e implementación de un sistema flexible automatizado” propone el plan para el diseño de un sistema automático flexible a base de PLC, sensores y alarmas, que se pretende implementar en una estación de encintado de una industria manufacturera buscando de esta manera tener un decremento del costo de fabricación e incremento de la productividad. Las ventajas obtenidas son: la disminución de 4 a 3 o 2 operadores, ya que con esta implementación a nivel planta representa un 25% a 50% de disminución de trabajadores y se logra obtener un aumento en la productividad de la empresa, la productividad incrementó un 10%, la tasa de

producción en un 22% y se mejoró la certeza de los cortes de los perfiles de carbón después de tres meses de la implementación. De igual forma se obtuvo un mejor desempeño en el proceso realizado que es lo que se pretendió conseguir con la integración de la automatización en la estación de trabajo, disminución de tiempos de ciclo de la estación. La implementación a nivel planta de sistemas automáticos en todos los procesos no solamente al de investigar, la empresa podrá obtener beneficios no solo de producción, sino que también de desempeño y calidad del producto

In 2011, Guevara Gallegos et al [7] In his research "Design and construction of an automatic grain dosing system for a mill of the Company" ECUACEREAL "CIA. LTD.A ". This project aims to develop a system that saves energy. Optimize resources and reduce the cost of production in the ECUACEREAL Company. With this objective, the cereal processing system was analyzed and it was found that the manual method of feeding primary products produced enormous losses of both energy and production. To solve the problem, a system was designed and implemented that automates the loading of the product into the mill chamber by controlling the speed of a material drag screw by means of a PID controller. As an input signal for the control, we sense the current consumed by the motor that drives the mill. With the implementation of the new system it has been possible to increase production by 80%, reduce energy and labor costs by 40% and generate additional profits ranging from 2000 to 5000 dollars per month.

En 2011, Guevara Gallegos *et al* [7] En su investigación “Diseño y construcción de un sistema automático de dosificación de granos para un molino de la Empresa "ECUACEREAL" CIA. LTD.A”. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema que permita ahorrar energía. Optimizar recursos y reducir el costo de la producción en la Empresa ECUACEREAL. Con este objetivo se analizó el sistema de procesamiento de cereales y se comprobó que el método manual de alimentación de productos primarios producía enormes pérdidas tanto de energía como de producción. Para solucionar el problema se diseñó e implementó un sistema que automatiza la carga de producto hacia la cámara del molino controlando la velocidad de un tornillo de arrastre de material por medio de un controlador PID. Como señal de entrada para el control sensamos la corriente que consume el motor que impulsa al molino. Con la implementación del nuevo sistema se ha conseguido incrementar la producción en un 80%, reducir los costos de energía y mano de obra en un 40% y genera utilidades adicionales que van de 2000 a 5000 dólares mensuales.

In 2011 Fedora García Acevedo [8] in his research "Automation of the process of receiving wheat in a flour processing plant" The project focuses on the process of receiving wheat, which is basically responsible for transporting the product from the trucks to the storage silos. Currently, the reception system is controlled by wired circuits between relays and contactors, that is, through wired logic. The project seeks to establish the bases for the design of an automation system based on the use of programmable logic controllers. To carry this out, we start by making an exhaustive description of the process and the teams involved. The system

is separated into four large processes to facilitate its understanding: the large hopper, the small hopper, filling silos and racking. Subsequently, an analysis is made of the existing sensors and the input and output signals of the equipment involved in the process, to then propose new signals, sensors and initiatives that lead to the optimization of the process. According to this information, flowcharts of the process are made to facilitate the subsequent structuring and programming of the control logic. Then, the counting, organization and routing of the field signals is carried out; and according to this, create the process control program in a language understandable to the controller, in this case the Ladder Language.

En 2011 Fedora García Acevedo [8] en su investigación “Automatización del proceso de recepción de trigo en una planta procesadora de harina” El proyecto se enfoca en el proceso de recepción del trigo, el cual se encarga básicamente del transporte del producto desde los camiones hasta los silos de resguardo. Actualmente el sistema de recepción es controlado por circuitos cableados entre relés y contactores, es decir a través de lógica cableada. El proyecto busca establecer las bases para el diseño de un sistema de automatización basado en el uso de controladores lógicos programables. Para llevar esto a cabo, se comienza realizando una descripción exhaustiva del proceso y los equipos involucrados. Se separa al sistema en cuatro grandes procesos para facilitar su comprensión: la tolva grande, la tolva pequeña, llenado de silos y trasiego. Posteriormente, se hace un análisis de los sensores existentes y las señales de entradas y salida de los equipos involucrados en el proceso, para luego proponer nuevas señales, sensores e iniciativas que conlleven a la optimización del proceso. De acuerdo a esta información, se realizan diagramas de flujo del proceso para facilitar la posterior estructuración y programación de la lógica de control. Luego, se procede a efectuar el conteo, organización y direccionamiento de las señales de campo; y de acuerdo a esto, crear el programa de control del proceso en un lenguaje comprensible para el controlador, en este caso el Lenguaje Escalera.

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 Indicadores de Productividad

2.2.1.1 Productividad

R. Valencia [9] Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.

Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto – insumo. Teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

La productividad es un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios; traducida en una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos denotando además la eficiencia con la cual los recursos – humanos, capital, conocimientos, energía, etc.- son usados para producir bienes y servicios en el mercado. La productividad es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos logrados.

Por tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Cantidad de recurso empleado}(Q)}$$

Q: puede ser la mano de obra, materia prima, insumos, capital, etc.

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

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{\text{Entrada de MP}}{\text{Salida de MP}}$$

La utilización de un solo factor productivo para medir la productividad se conoce como productividad de un solo factor el cual indica la relación entre los bienes y servicios producidos y un recurso utilizado en su producción. Mientras que la productividad de múltiples factores supone una visión más amplia que incluye todos los factores productivos (trabajo. material.

energía. capital) se le conoce como productividad total o multifactorial.

$$\text{Incremento de la productividad} = \frac{\text{Productividad actual} - \text{Productividad base}}{\text{Productividad base}}$$

La diferencia entre la productividad actual y la productividad potencia es una oportunidad de incrementar la producción y las ganancias.

2.2.2. Flujo másico

Según P. Torres [10] es la velocidad a la que la masa pasa a través de una superficie dada. Cantidad de material expresado en unidades de masa, que atraviesa una sección transversal de área en un ducto por unidad de tiempo, como los kg/min.

2.2.3 Producción

J. Ebert [11] Producción Diaria: Es la producción obtenida en un lapso de tiempo (minutos, horas, días, mes, año), la relación determinada por la jornada laboral sobre el tiempo por unidad, ya sea de operación o de producto terminado.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Tiempo requerido por unidad}}$$

$$\text{Producción} = \frac{\text{Unidades}}{\text{día}}$$

2.2.4. Capacidad

Heizer y Rander [12]. Es la producción o número de unidades que una instalación puede gestionar, recibir, almacenar o producir en un determinado periodo de tiempo.

- **Capacidad proyectada o diseñada:** Es la máxima producción teórica que se puede obtener de un sistema en un periodo de tiempo determinado en condiciones ideales.
- **Capacidad efectiva o real:** Es la capacidad que espera alcanzar una empresa según su combinación de productos, métodos de programación, mantenimiento y estándares de calidad.

- **Capacidad utilizada:** Es la capacidad actual dadas las limitaciones operativas, se consideran los datos más actuales de la empresa, recomendación de 12 últimos meses para su cálculo.
- **Capacidad ociosa:** Es la capacidad dada por la diferencia entre la capacidad real y la utilizada.

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Volúmen de Producción recibido, almacenado o producido}}{\text{Periodo o tiempo de producción}}$$

2.2.5. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es un esquema que muestra las posibles causas clasificadas de un problema.

El objetivo de este tipo de diagramas es encontrar las posibles causas de un problema. En un proceso productivo el diagrama de Ishikawa puede estar relacionado con uno o más de los factores (5 Ms) que intervienen en cualquier proceso de fabricación:

- Métodos: procedimientos por usar en la realización de las actividades.
- Mano de obra: la gente que realiza las actividades.
- Materia prima: el material que se usa para producir.
- Medio: las condiciones del lugar de trabajo.
- Maquinaria y equipo: los equipos y periféricos usados para producir.

El diagrama de Ishikawa se basa en un proceso de generación de ideas llamado “Lluvia de ideas”. Una vez finalizada la lluvia de ideas se procede con el problema por analizar.

Se verifica que las ideas restantes tengan relación con el problema por analizar.

Se clasifican las ideas resultantes en el diagrama de Ishikawa.

Una manera más directa de hacer el diagrama es realizar una lluvia de ideas para cada una de las diferentes ramas y colocar las ideas resultantes ahí mismo.

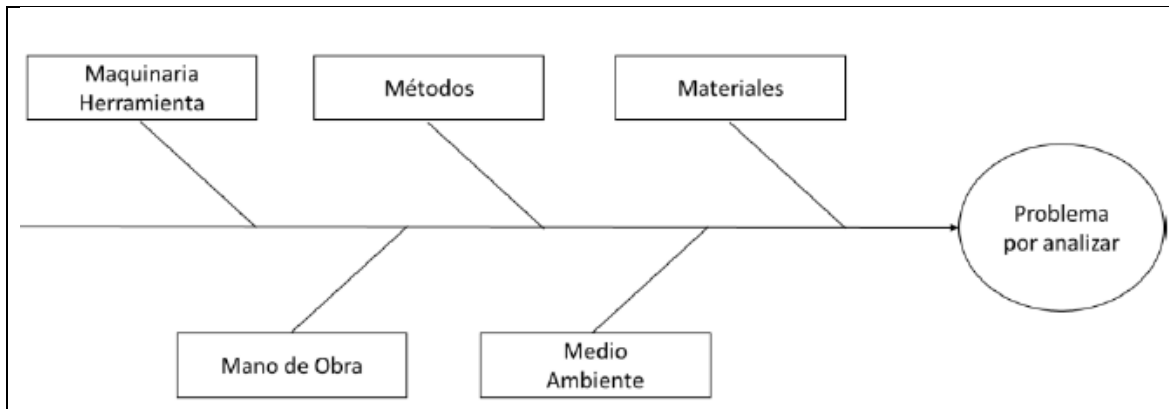


Figura 1: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Seis Sigma pág. 47 (E. Escalante Vásquez. 2005)

2.2.6. Método de recolección de datos

Según Hernández [13] Es el medio a través del cual el investigador se relaciona con los participantes para obtener información necesaria que le permita lograr los objetivos de la investigación.

Dentro del método de recolección de datos está:

Observación: Es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con un esquema previsto y según el problema que se estudia.

El investigador debe definir los objetivos que persigue, determinar su unidad de observación y las conductas que deberán registrarse.

La observación implica que el investigador se involucre directamente con la actividad objeto de la observación lo que puede variar desde una integración total del grupo o ser parte de éste durante un periodo

2.2.7 Tiempos muertos

Según José Calos Villajulca [14]. El tiempo muerto de maquinaria: Se refiere a un periodo de tiempo de la máquina durante el cual hay un cambio en una variable pero que no produce ningún tipo de efecto en la variable del proceso: el proceso aparece como “muerto” por algún tiempo. El tiempo muerto es el de lejos el peor problema para los sistemas de control debido a que se pierde tiempo y dinero. Los tiempos muertos se pueden deber a falta de material, calidad defectuosa, mantenimiento correctivo. En este proyecto implica el funcionamiento de la máquina sin producción alguna.

2.2.8 Cálculo del número de observaciones requeridas

Según Valdivieso [15]. Para calcular el número de observaciones requeridas se debe primero identificar los objetivos del estudio, para ello se debe definir el tipo de población a estudiar. Cuando se conoce el número de individuos que componen el conjunto de elementos o individuos que reúnen las características que se pretenden estudiar, es decir, la población, se habla de población finita y queremos saber cuántos del total tendremos que estudiar, la fórmula sería:

$$n = \frac{Z^2 S^2}{Z^2 S^2 + e^2 (N - 1)}$$

Dónde:

N= Tamaño de la población (conocido)

S = Desviación estándar (muestra preliminar)

e = Error relativo aceptable (en este caso 5%)

Z = Parámetro del nivel de confianza (en este caso 95%)

2.2.9 Procesos industriales

En 2010, Creus [3] Aclara que son un conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios.

De manera que el propósito de un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida.

Los procesos industriales a controlar pueden dividirse ampliamente en dos categorías: procesos continuos y procesos discontinuos. En general, en ambos campos deben mantenerse las variables (presión. caudal. nivel. temperatura. etc.) bien en un valor deseado fijo, bien en un valor variable con el tiempo de acuerdo con una relación predeterminada o bien guardando una relación determinada con otra variable.

2.2.6 Automatización

En 2010 José Velásquez [16] afirmó que la automatización Industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos, financieros, etc. La automatización de una empresa dependiendo del proyecto puede ser parcial o total y se puede ajustar a procesos manuales o semi automáticos.

En 2015, López y Mendoza [17] La automatización industrial es un conjunto de tecnologías que, agrupadas en forma secuencial, logran una alternativa de desarrollo tecnológico para cualquier tipo de industria. Automatizar significa optimizar las condiciones de seguridad, calidad y producción. La automatización industrial requiere del diseño como base principal de desarrollo para crear el modelo virtual de cualquier parte del proceso. La principal razón de automatizar es el incremento de la productividad, ello se logra racionalizando las materias primas e insumos, reduciendo los costos operativos, reduciendo el consumo energético, incrementando la seguridad de los procesos, optimizando el recurso humano de la empresa y mejorando el diagnóstico, supervisión y control de calidad de la producción.

2.2.7 Sistema de Control

Según Creus [3] El sistema de control que permite el mantenimiento de las variables puede definirse como aquel que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.

El sistema de control exige pues para que esta comparación y subsiguiente corrección sean posibles que se incluya una unidad de medida, una unidad de control, un elemento inicial de control y el propio proceso. Estos conjuntos de unidades forman un bucle o lazo que recibe el nombre de lazo de control.

2.2.8 Lazo de Control abierto

En 2012, Mario Pérez [18] en un sistema de control de lazo abierto 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 los que la salida no tiene efecto directo sobre la señal o acción de control

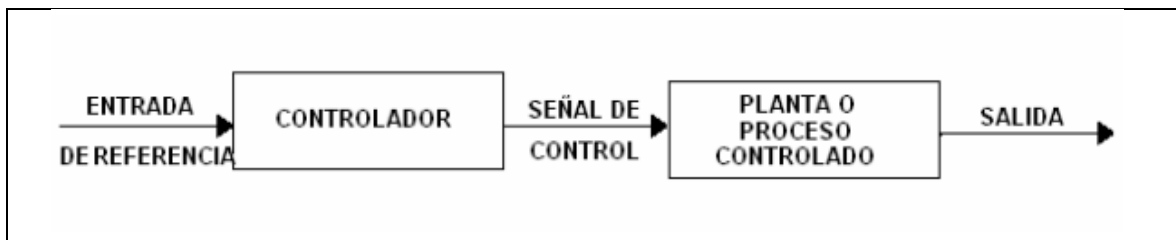


Figura 2: Sistema de control de lazo abierto

Fuente: Sistema Control (M. Pérez 2012)

2.2.9 Lazo de Control cerrado

Para el 2016, Mario Pérez [18] define un sistema de control de lazo cerrado como 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.

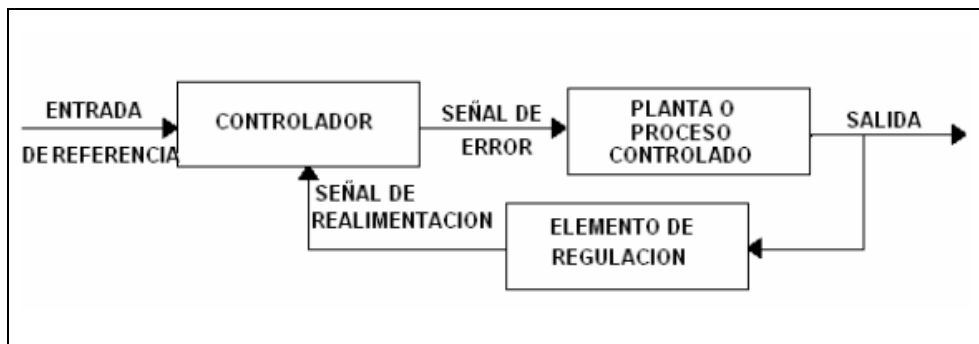


Figura 3: Sistemas de Control de lazo cerrado

Fuente: Sistema Control (M. Pérez 2012)

2.2.10 Sensor

En 2010, Velásquez [16]. 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. Los sensores son dispositivos que convierten una condición física en una señal eléctrica, las variables pueden ser, por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor). etc.

Un sensor también es un dispositivo que modifica la medición inicial y convierte la energía de una variable en información análoga, eléctrica o neumática.

2.2.11. Sensor capacitivo

En 2014, Carlos E. Canto [19]. Los sensores capacitivos (KAS) son un tipo de sensor eléctrico, reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

Los detectores de proximidad capacitivos sirven para la detección sin contacto de cualquier objeto. Al contrario que los sensores inductivos que sólo reconocen objetos metálicos los sensores capacitivos no sólo reconocen materiales metálicos.

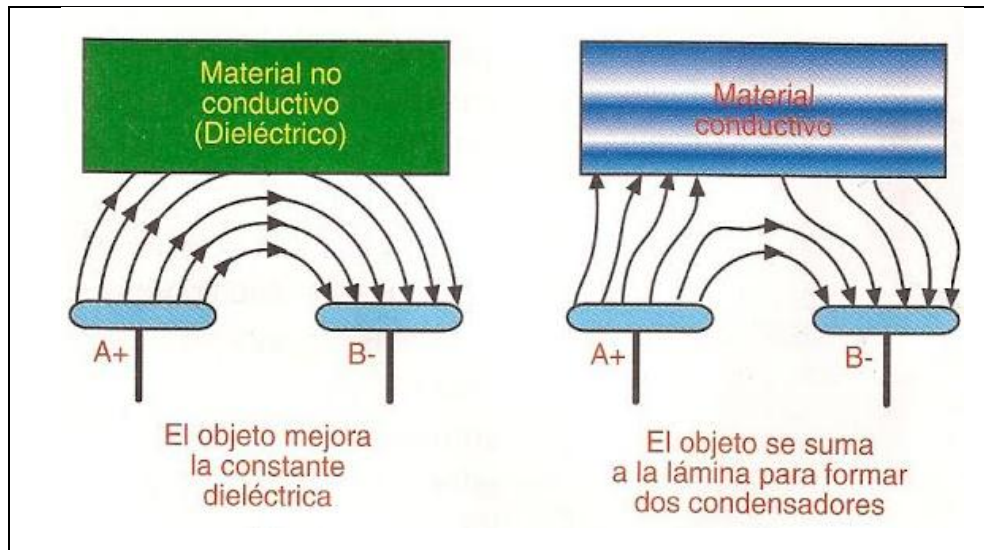


Figura 4: Principio de operación de los sensores capacitivos

Fuente: Canto (2014)

La superficie de sensado del sensor capacitivo está formada por dos electrodos concéntricos de metal de un capacitor.

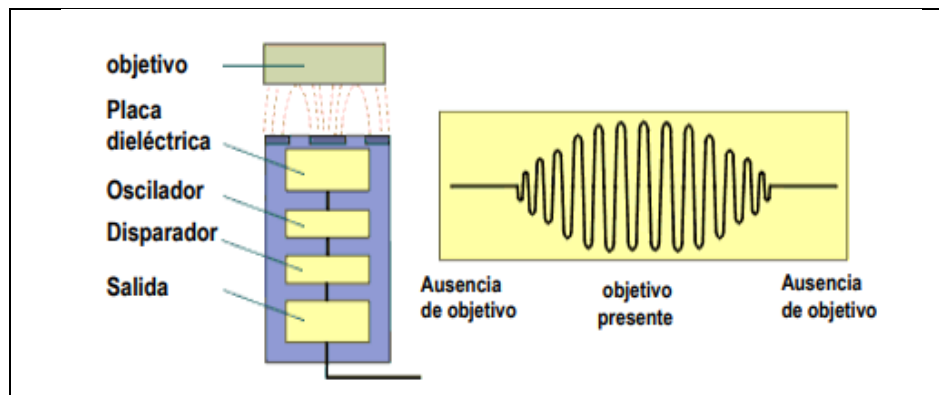


Figura 5: Principio de funcionamiento de los sensores capacitivos

Fuente: Canto (2014)

Cuando un objeto se aproxima a la superficie de sensado y éste entra al campo electrostático de los electrodos cambia la capacitancia en un circuito oscilador.

Esto hace que el oscilador empiece a oscilar. El circuito disparador lee las amplitudes del oscilador y cuando alcanza un nivel específico la etapa de salida del sensor cambia. Conforme el objetivo se aleja del sensor la amplitud del oscilador decrece conmutando al sensor a su estado original.

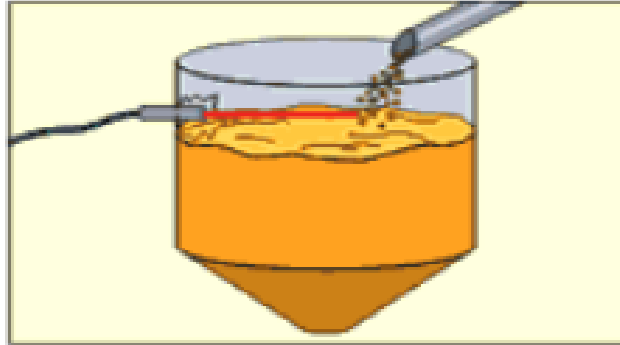


Figura 6: Control de nivel de llenado de sólidos en un recipiente

Fuente: Canto (2014)

Una de las aplicaciones que tiene éste sensor es el control de nivel de llenado de sólidos

2.2.12. Actuadores

En 2002 el “Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51” *et al* [20]. Son los dispositivos encargados de realizar el control de algún elemento del Sistema, como pueden ser, electroválvulas (para el suministro de agua, gas, etc.), motores (para abrir o cerrar persianas y puertas, etc.), sirenas de alarma, reguladores de luz, etc., de estos equipos

Analizaremos el caso de un simple como representativo de los automatismos cuyo comportamiento presenta una secuencia cíclica de estados por las que pasa el sistema, cada uno de los cuales dura un tiempo determinado.

La estructura del sistema es muy simple. Las luces del semáforo constituyen los actuadores, cuya función es regular el tránsito por la calle o avenida donde están instalados. Debido a que solo es necesario encender y apagar dichas luces alcanzará que el controlador disponga de tres salidas digitales para poder manejarlas

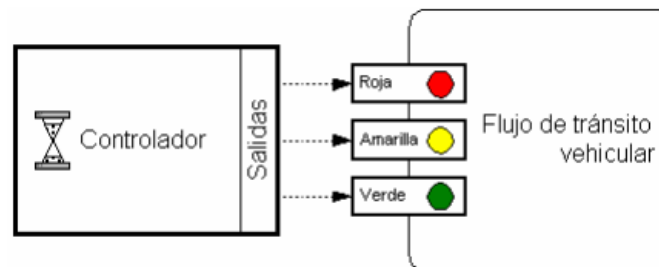


Figura 7: Diagrama de bloque de un semáforo simple

Fuente: Canto (2014)

2.2.13. Sistema de alarmas

En 2012, Juan Carlos Pulgarín [21]. Una alarma es un actuador o un elemento final de control. Esto significa que no evitan una situación anormal, pero sí son capaces de advertir de ella, cumpliendo así, una función disuasoria frente a posibles problemas. Son capaces además de reducir el tiempo de ejecución de las acciones a tomar en función del problema presentado, reduciendo así las pérdidas.

2.2.14. Arranque Directo

En 2013, José Carlos Villajulca [22]. Se denomina arranque directo a la forma en que se le aplica la tensión a un motor para su proceso de arranque, se le aplica la tensión nominal a través del contactor y dispositivos de protección como los fusibles y relé térmico.

Esta forma de arranque tiene la ventaja que el motor desarrolla en el arranque su torque máximo cuando la carga así lo requiera. En lo posible los motores trifásicos asíncronos con rotor de jaula de ardilla se arrancan en forma directa

2.2.15. Motor Jaula de ardilla

En 2014, Marwin Prada [23]. Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje.

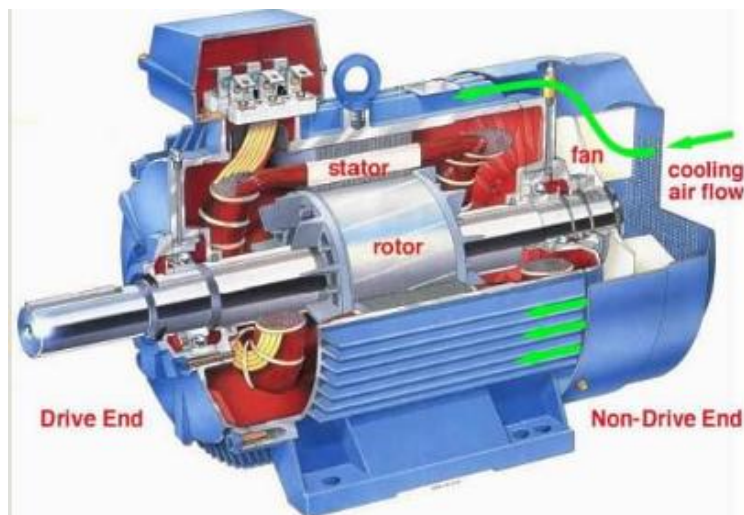


Figura 8: Motor Jaula de ardilla

Fuente: Marwin Prada, 2014.

2.2.16. Funcionamiento de un motor eléctrico trifásico de jaula de ardilla

Es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. En su forma instalada es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. Los devanados inductores en el estator de un motor de inducción instan al campo magnético a rotar alrededor del rotor. El movimiento relativo entre este campo y la rotación del rotor induce corriente eléctrica. un flujo en las barras conductoras, alternadamente estas corrientes que fluyen longitudinalmente en los conductores reaccionan con el campo magnético del motor produciendo una fuerza que actúa tangente al rotor, dando por resultado un esfuerzo de torsión para dar vuelta al eje. En efecto, el rotor se lleva alrededor el campo magnético, pero en un índice levemente más lento de la rotación. La diferencia en velocidad se llama "deslizamiento" y aumenta con la carga.

2.2.17. El motor Jaula de ardilla es un motor de inducción

Se conoce como motor de inducción debido a que para generar el movimiento mecánico se debe inducir una corriente eléctrica en el embobinado el cual girará debido al campo magnético de los polos electromagnéticos. Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica en el rotor, necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto, un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor como en los universales. DC y motores grandes síncronos.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. Según el Teorema de Ferraris. Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas cuyo desfase en el tiempo es también de 120° se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday: La diferencia entre el motor a inducción y el motor universal es que en el motor a inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor, sino que está eléctricamente aislado. Tiene barras de conducción en todo su largo incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras están conectadas con anillos (en cortocircuito como dicen los electricistas) a cada extremidad del rotor. Están soldadas a las extremidades de las barras. Este ensamblado se parece a las pequeñas jaulas rotativas para ejercitar a mascotas como hámster y por eso a veces se llama "jaula de ardillas" y los motores de inducción se llaman motores de jaula de ardilla.

2.2.18. Reductor

En 2014, José Roldán [24]. Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad.

2.2.19. Contactores

En 1994, Adolf Senner [25]. Los contactores son interruptores electromagnéticos para grandes potencias de interrupción. Generalmente el mecanismo de interrupción se mueve y se mantiene en su posición de cierre mediante la armadura de un electroimán. El mecanismo de interrupción se vuelve a su posición de reposo cuando no circula corriente a través del carrete del electroimán, es decir tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). Tiene dos posiciones de funcionamiento: un encendido y otro apagado, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

2.2.20. PLC

En 2011, Moreno [26]. Un PLC Programable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. También se puede definir como un equipo electrónico el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal. Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida para responder en tiempo real

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

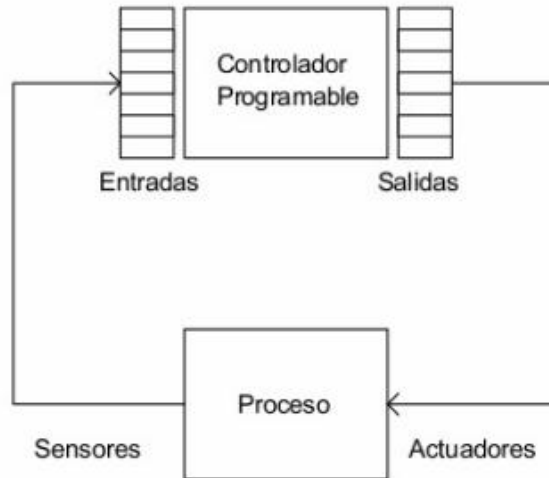


Figura 9: PLC en un control de procesos

Fuente: Moreno (2011).

2.2.21 Conmutador

Puede ser de mando y señalización, se utiliza para controlar, supervisar y señalar la posición de discordancia de disyuntores. También se utilizan para enviar pequeños impulsos como bobinas contadoras. Catálogo Gave “Conmutadores de mando y señalización.” 2014.

2.2.22. Software

En 2015, Henry [27]. Se conoce como software al equipamiento lógico del sistema que comprende el conjunto de componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas. Los componentes lógicos incluyen. los programas que permite al usuario realizar todas las tareas concernientes a la simulación del sistema facilitando también la interacción entre los componentes físicos y el resto de las aplicaciones proporcionando una interfaz con el usuario

2.2.23. SoMachine

2.2.23.1. Descripción general

En 2014, Catálogo Schneider [28]. En su Guía de funcionamiento de SoMachine indica que es un controlador lógico programable lee entradas escribe salidas y resuelve la lógica de acuerdo con un programa de control. Para crear un programa de control para un controlador lógico debe escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación compatibles SoMachine Basic admite los siguientes lenguajes de programación IEC-61131-3:



- Lenguaje de diagrama de contactos

- Lenguaje de lista de instrucciones
- Graficet (Lista)

So Machine Basic es una herramienta de programación gráfica diseñada para facilitar la configuración el desarrollo y la puesta en marcha de programas para controladores lógicos.





2.2.23.2. Introducción

Los diagramas de contactos son similares a los diagramas lógicos de relé que representan circuitos de control de relé. Las principales diferencias entre los dos son las siguientes funciones de la programación del diagrama de contactos que no aparecen en los diagramas de lógica de relé:

- Todas las entradas y bits lógicos binarios se representan mediante símbolos de contactos 
 - Todas las salidas y bits lógicos binarios se representan mediante símbolos de bobinas 
- Las operaciones numéricas están incluidas en el conjunto de instrucciones gráficas de contactos.

2.2.23.3. Contactos:

Tabla 1: Contactos dentro de So Machine

Elemento Gráfico	Nombre	Lista de instrucciones	Función
	Contacto normalmente abierto	LD	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 1.
	Contacto normalmente cerrado	LDN	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 0.
	Contacto para detectar un flanco ascendente	LDR	Flanco ascendente: detecta el cambio de 0 a 1 del objeto de bit de control.
	Contacto para detectar un flanco descendente	LDF	Flanco descendente: detecta el cambio de 1 a 0 del objeto de bit de control.





Fuente: Guía de funcionamiento de SoMachine

Dentro de la descripción general del sistema permite establecer el idioma del software So Machine Basic, personalizar el editor del diagrama de contactos y elegir el Logic Controller predeterminado que aparece en la ficha Configuración cuando se crea un proyecto nuevo.

2.2.23.4. Contactos y bobinas

Los elementos gráficos de bobina solo se pueden colocar en el área de acción y ocupan una celda (una fila de alto y una columna de ancho).

Tabla 2: Bobinas dentro de So Machine

Elemento Gráfico	Nombre	Lista de instrucciones	Función
	Bobina directa	ST	El objeto de bit asociado toma el valor del resultado del área de comprobación.
	Bobina inversa	STN	El objeto de bit-a toma el valor del resultado en negativo del área de comprobación.
	Bobina de ajuste	S	El objeto de bit-a se establece en 1 cuando el resultado del área de comprobación es 1.
	Bobina de restablecimiento	R	El objeto de bit-a se establece en 0 cuando el resultado del área de comprobación es 1.

Fuente: Guía de funcionamiento de SoMachine

En el cuadro anterior se encuentran los tipos de bobinas que podemos utilizar para la realización de un proyecto en SoMachine. Cuando haya insertado una celda, se mostrará información adicional sobre el objeto asociado con contactos y bobinas:

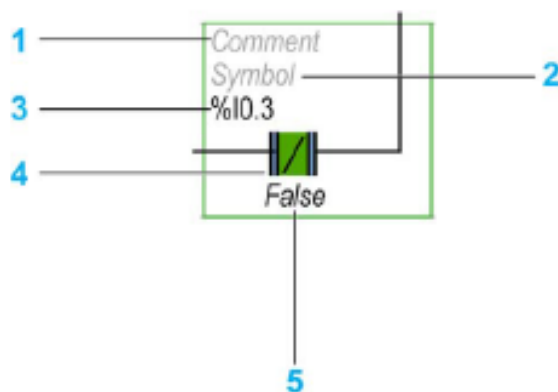


Figura 10: Objeto asociado con contactos y bobinas

Fuente: Guía de funcionamiento de SoMachine

A continuación, se muestra la leyenda de la figura mostrada

Tabla 3: Leyenda de contactos y Bobinas

Leyenda	Elemento	Descripción
1	Comentario del usuario	Clic para añadir un comentario
2	Símbolo	Clic para escribir el nombre de un símbolo que desee asociar con el objeto que contiene la celda.
3	Dirección	Clic para escribir la dirección del objeto que contiene la celda.
4	Elemento gráfico	El elemento gráfico.
5	Valor en tiempo real	En modalidad online (conectado a un controlador lógico y en ejecución del programa) se muestra el valor en tiempo real del objeto de la celda.

Fuente: Guía de funcionamiento de SoMachine

La tabla 3 muestra las partes del objeto que aparece cuando insertamos un contacto y bobina dentro del programa.

En la ilustración siguiente se muestra un diagrama de cableado simplificado de un circuito de lógica de relé:

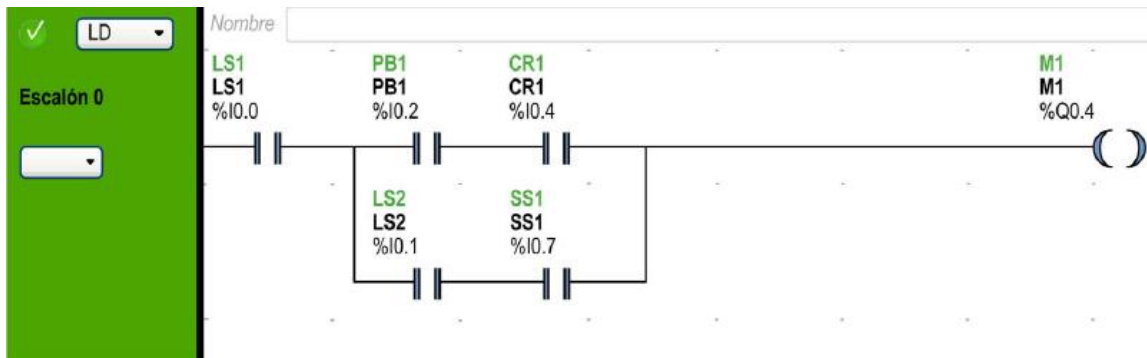


Figura 11: Diagrama de contactos equivalentes a circuitos de relé

Fuente: Guía de funcionamiento de SoMachine

En la ilustración anterior, todas las entradas asociadas a un dispositivo de conmutación en el diagrama lógico de relé se representan en forma de contactos del diagrama de contactos. La bobina de salida M1 del diagrama lógico de relé se representa mediante un símbolo de bobina en el diagrama de contactos. Los números de direcciones que aparecen encima del símbolo de cada contacto y de cada bobina del diagrama de contactos son referencias a las ubicaciones de las conexiones externas de entrada y salida hacia el controlador lógico.

III RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1. La empresa

La empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C. que se encuentra ubicada en la carretera Panamericana Norte km 777 en la ciudad de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

○ **Reseña del Molino**

La historia de la empresa MOLINERIAS GRUPO RAM S.A.C. se remonta en el año 2006 cuando sus fundadores: el señor Lara Néstaes Raul y su amigo Quispe Huamani Eutropia Livia incursionan en el acopio y comercialización de arroz formando una sociedad familiar.

- RUC: 20480096208
- Razón social: molinerías grupo RAM S.A.C.
- Tipo empresa: Sociedad Anónima Cerrada
- Condición: activo
- Fecha inicio actividades: 01 / diciembre / 2006
- Actividad comercial: elaboración de productos de molinería.
- Dirección legal: car. panamericana norte km. 777 predio Sto. tomas y anexos (parcela 42)
- Distrito / ciudad: Lambayeque departamento: Lambayeque. Perú
- Perfil de molinerías grupo RAM S.A.C.: empadronada en el registro nacional de proveedores
- Gerente general: Lara Néstaes Raúl

○ **Misión**

Nuestro compromiso es satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes ofreciendo el servicio de pilado de arroz con alta tecnología liderando el sector en el que participamos con talento humano eficiente, calificado y comprometido a mejorar continuamente y brindar un excelente servicio.

○ **Visión**

Ser el agroindustrial líder en el mercado nacional e internacional con talento humano competente e involucrado a ganar la confianza y lealtad brindando bienestar, rentabilidad y desarrollo para nuestros clientes, trabajadores y accionistas contribuyendo al progreso de nuestro país.

○ Organigrama

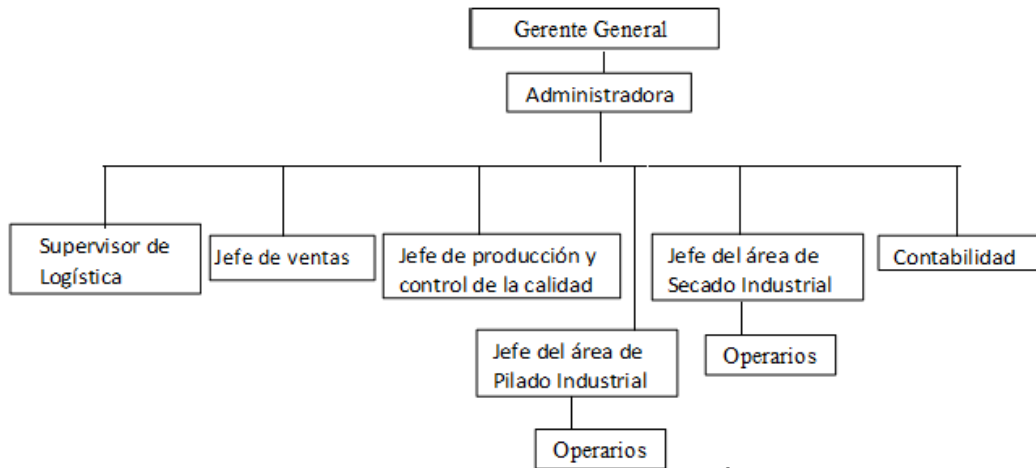


Figura 12: Organigrama de la empresa en estudio

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

3.1.2 Descripción del sistema de producción

✓ Productos

Descripción del Producto

Dentro de la amplia gama de variedades de arroz de productos terminados que produce el pilado de esta empresa del sector agroindustrial de Lambayeque tenemos:

- Esperanza: Es tipo de arroz que se produce de mejor calidad, lo constituyen granos enteros de hasta 92% es graneado y de mayor rendimiento.
- Ferón: Son granos de arroz enteros en un 90%
- Capirona: El arroz Capirona tiene como principal característica que tiene granos enteros hasta en un 85%
- Moro: Son granos de arroz de $\frac{3}{4}$ contienen fisuras en su interior es por ello que son quebradizas
- Linea: Lo constituyen granos de $\frac{1}{2}$
- Nir: Son granos llamados arroz cristal de $\frac{1}{4}$ tienen un menor rendimiento.

○ Subproductos

- Cascarilla de arroz

Desechos

- Paja
- Palote
- Cenizas

Desperdicios

- Polvillo
- Piedra

✓ **Materiales**

○ **Materiales Directos**

La materia prima principal. que ingresa al proceso de pilado de arroz es el arroz Esperanza, Ferón y Capirona que es todo grano entero o pedazo de grano de arroz que conserva 90% o más de las cubiertas exteriores (glumas) o cáscara en relación con el tamaño original del grano.

○ **Materiales Indirectos**

Sacos de polipropileno para arroz.

○ **Mano de Obra**

La empresa MOLINERIAS GRUPO RAM S.A.C. cuenta con 10 personas calificadas. y con 70 personas no calificadas de las cuales 2 se encargan del área de pre limpieza de arroz y 10 se encargan del área del secado industrial para cargar los sacos hacia el área de pilado

○ **Maquinaria y equipos**

Dentro de la maquinaria que forma parte del proceso de secado industrial de arroz se tiene:

Tabla 4: Maquinarias dentro de la empresa

Máquina	Cantidad
Zarandas	2
Elevadores	1
Torres secadoras	2
Ventiladores industriales	6
Silos de almacenamiento	8
Horno industrial	1
Máquinas de pilado	4
Máquina de Ensacado y sellado	4
Total	28

Fuente: Datos de la empresa

Estas maquinarias son las que se encuentran dentro de la empresa para poder llevar a cabo el proceso de producción de sacos de arroz de 50 kg.

Tabla 5: Capacidades de máquinas en área de pilado (kg)

Máquina	Capacidad
Pilado	33000
Ensacado y sellado	33 000

Fuente: Datos de la empresa

La empresa dispone de 4 máquinas de pilado, 4 de ensacado y 4 de sellado que realizan la operación de forma automática.

✓ **Proceso de producción**

Su modo de trabajo es traer arroz desde Bagua y procesarlo para venderlo a pequeños productores, empresarios y al mercado Moshoqueque conforme a su demanda, luego evalúan las cantidades de arroz que pueden cumplir por temporadas y de acuerdo a ello aceptan pedidos.

Tabla 6: Utilidad de saco de arroz de 50 kg por unidad en el 2018 (Soles)

Variedad	Precio	Costo producción(inversión)	Utilidad
Esperanza	102	91	11
Ferón	98	89	9
Capirona	97	88	9
Moro	90	85	5
Linea	88	84	4
Nir	86	82	4
Promedio			7

Fuente: Datos de la empresa

Teniendo como dato utilidad promedio de la empresa (7 soles) se le incluyen los impuestos IGV (18%) para obtener utilidad neta siendo ésta de 5,74 soles, a esto multiplicamos los sacos no producidos por tiempos muertos de maquinarias obteniendo así la utilidad neta por mes. Por cada tipo de saco de arroz de 50 kg se gana una utilidad diferente como lo muestra la tabla 6.

- **Recepción de la Materia Prima:** El arroz llega en camiones y son descargados en las piscinas de almacenamiento para luego ser trasladado a las zarandas
- **Pre-Limpia:** El arroz es transportado automáticamente mediante fajas transportadoras a las zarandas eliminando tres tipos de impurezas: paja, palote y polvillo
- **Primer Almacenado:** El arroz que se almacenó un día anterior en los cuatro silos de almacenamiento de arroz húmedo se descarga automáticamente para que empiece la etapa del secado en las torres secadoras
- **Primer Secado Industrial:** Aquí el arroz pasa a las torres secadoras normalmente con un 27% de humedad y se tiene que lograr reducir hasta un 24% en la primera etapa
- **Segundo Secado Industrial y Reproceso:** Aquí el arroz vuelve al proceso después del primer secado industrial midiendo constantemente la humedad hasta lograr un 15% en humedad
- **Segundo Almacenado:** El arroz que se secó industrialmente es almacenado de manera automática en cuatro silos posteriores a las torres secadoras para su descarga y transporte al área de pilado
- **Pilado:** El arroz es llevado mediante volquetes de arroz del área de secado al área de pilado industrial, aquí el arroz es descascarado mediante rodillos de goma que giran en forma contraria obteniéndose el arroz descascarado y la pajilla, el peso que se pierde en este proceso es del 33%. En esta etapa el equipo de descascarado expulsa un porcentaje de pajilla a través de un tubo por transporte neumático para que sirva como biogás hacia el horno industrial.
- **Ensacado y sellado de sacos:** El arroz pilado pasa de manera automática a la máquina ensacadora separa el grano entero de los demás para que posteriormente sea ensacado y sellado automáticamente en sacos de 50 kg.
- **Almacenamiento:** Mayormente los pedidos son diarios, sin embargo, existen periodos dónde los pedidos se realizan mensualmente, para ello, los sacos terminados por día se almacenan por un periodo mínimo de 1 mes hasta cumplir con la cantidad requerida del pedido.

3.1.3. Análisis para el Proceso de Producción

Los procesos que realizan son el secado y pilado industrial de acuerdo a la cantidad de arroz que se seca se procede a pilar para posteriormente empaquetar en sacos de 50kg diferenciándolos según su variedad. Para conocer su modo de trabajo se realizó una figura que muestra de manera general el funcionamiento del área (Ver Figura 14) detallando las operaciones y procesos realizados en el área de secado industrial desde la llegada del arroz húmedo a las piscinas de almacenamiento hasta las salidas de arroz seco que pasa posteriormente a un pilado y empaquetado según su tipo.

El arroz húmedo se descarga a las piscinas de almacenamiento. Luego mediante fajas transportadoras llega hasta las tolvas (Ver Figura 13) para ser descargado en las zarandas las cuales separan impurezas en paja, polvo y palote.



Figura 13: Estructura de Tolvas de Zarandas

Fuente: Molinería Grupo RAM S.A.C.

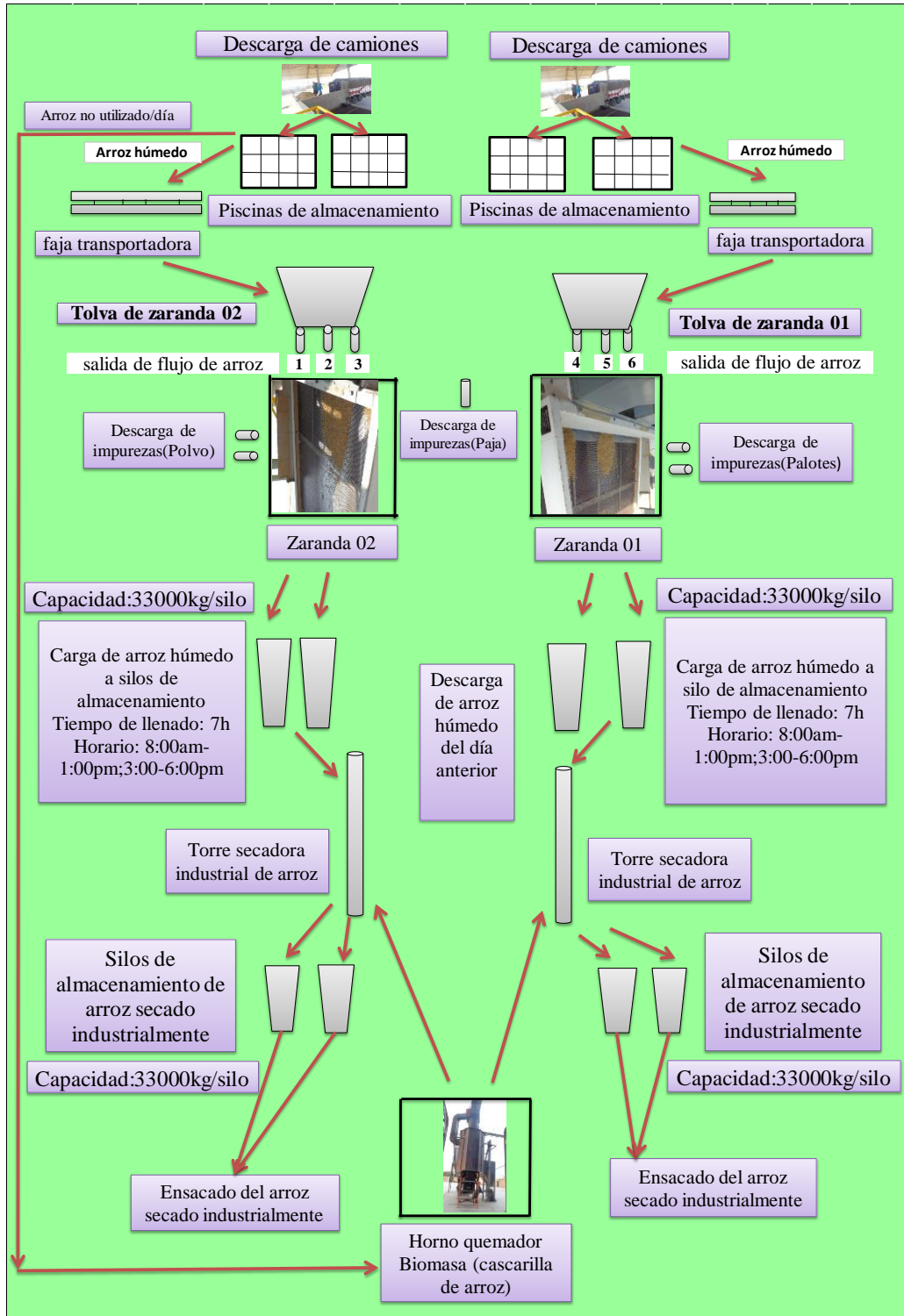


Figura 14: Visión general del funcionamiento del área
 Fuente: Elaboración propia

Este arroz sale de las zarandas para ser transportados a cuatro silos de almacenamiento de 33 t cada uno y allí son almacenados hasta el día siguiente para su posterior proceso que es el secado industrial en las torres secadoras alimentadas de calor por un horno quemador de Biomasa, es decir, el horno usa la cascarilla de arroz que proviene del pilado, a su vez el arroz en las piscinas de almacenamiento que no se utiliza al día es almacenado para el horno, éste horno proporciona el calor adecuado para que el secado cumpla con los estándares de calidad, una vez llegado al porcentaje de humedad que es 15% pérdida en peso, son almacenados para su descarga inmediata en los siguientes cuatro silos, culminando todo el proceso en un tiempo de 7 h. Luego se procede a llevar al área de pilado en dónde se pierde un peso del 33%, finalmente y de manera automática se realiza en ensacado y llenado de éstos.

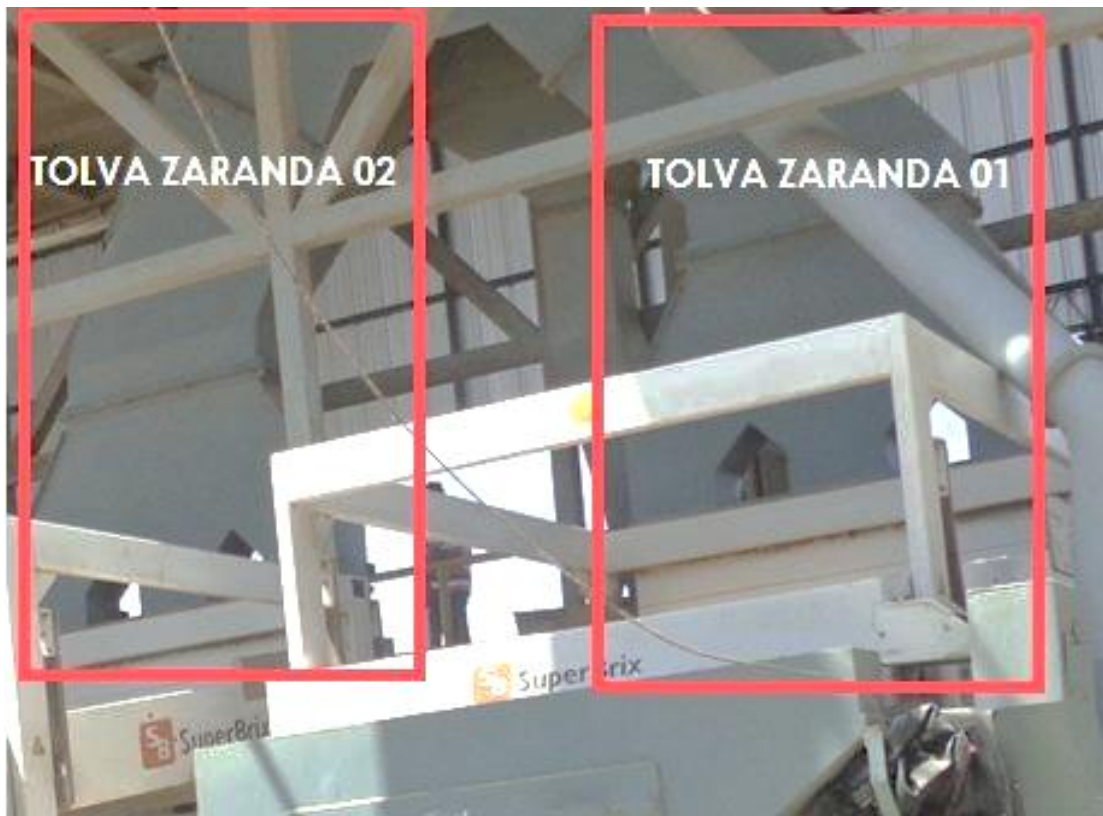


Figura 15: Tolvas de Zarandas 01 y 02

Fuente: Molinería Grupo RAM S.A.C

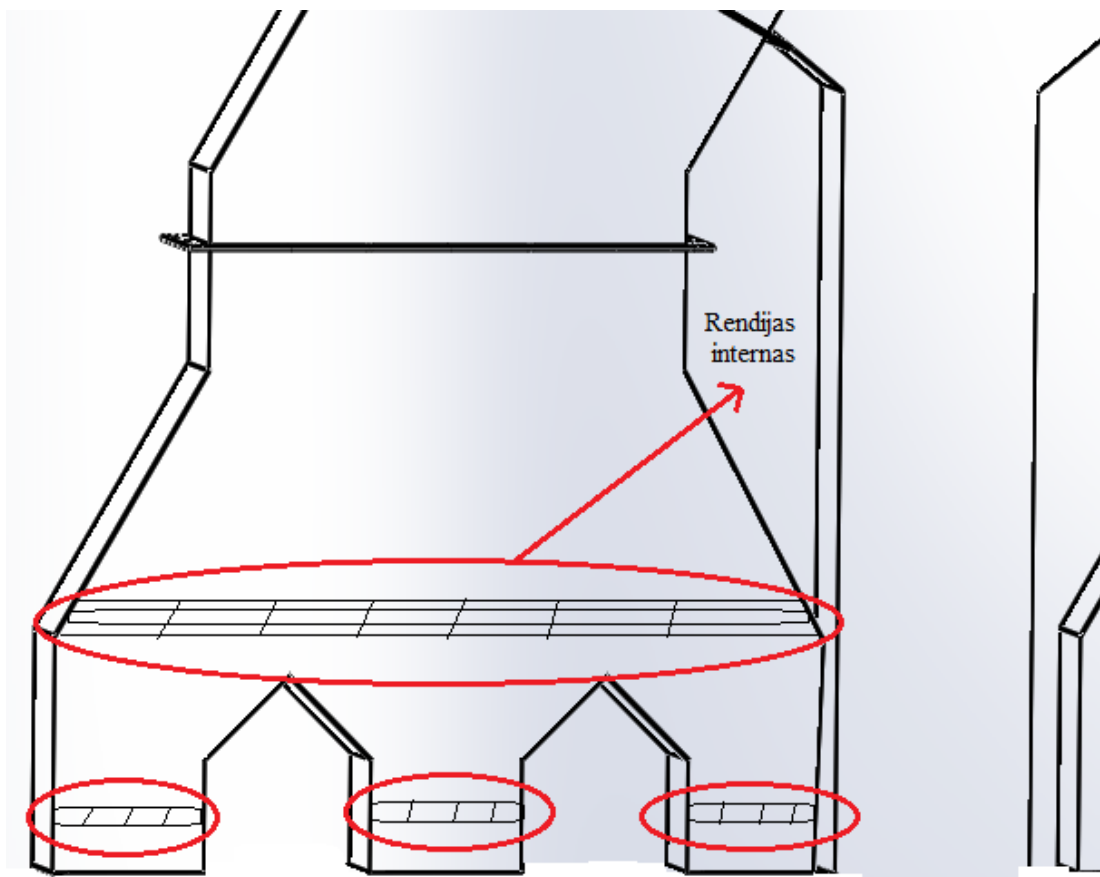


Figura 16: Estructura interna de Tolvas de Zarandas

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las tolvas de zarandas existen rendijas internas que por estructura fueron diseñadas para que el arroz caiga de manera uniforme hacia las zarandas y éstas puedan desempeñar su función de manera normal evitando que el arroz llegue en masa debido a su gran porcentaje de humedad, es decir estas rendijas cumplen la función de cernido.

Estas tolvas por donde pasa el arroz hacia las zarandas son 2 y tienen 3 salidas cada una como lo muestra la figura anterior.

Dentro de éstas tolvas se encontraron los siguientes kg de arroz hallados mediante el método de pesada y realizado cada vez que se efectuaba limpieza manual a la máquina.

Tabla 7: Arroz encontrado promedio por día en las Tolvas de Zaranda 1 y 2 en el año 2017-2018 (kg)

	Tolva 1	Tolva 2
Abril	0,30	0,31
Mayo	0,31	0,32
Junio	0,36	0,44
Julio	0,39	0,48
Agosto	0,37	0,47
Septiembre	0,37	0,375
Octubre	0,35	0,36
Noviembre	0,34	0,35
Diciembre	0,34	0,35
Enero	0,29	0,33
Febrero	0,29	0,30
Marzo	0,30	0,31
Abril	0,305	0,323
Mayo	0,315	0,331

Fuente: Elaboración propia

Según J. García Bernejo [29]. En la pesada a escala industrial, es decir de productos industriales, no es necesaria tanta precisión, por lo que el método de pesada directa es la ideal. Para efectuar éste método se coloca un recipiente y se tara la balanza, con esta acción recuperamos la lectura de cero gramos en la pantalla de lectura con lo que se empieza la pesada.

De esta forma se anotaron las impurezas encontradas, pesadas cada vez que se realizaba limpieza manual en tolvas por día en una balanza de precisión, siendo el promedio por mes el obtenido en el cuadro. Las impurezas encontradas por limpieza de arroz dentro de la tolva de zaranda 01 y 02 en los meses de abril del 2017 a Mayo del 2018 fueron en promedio de 0,30 variando hasta 0,41 kg por día (veces que realizaban limpieza manual) de impurezas respectivamente como se muestra en la Tabla 7, sin embargo, no debe encontrarse impurezas según indicaciones de la empresa. Esta cantidad de impurezas es la calculada al día en la limpia manual de los operarios a cada tolva debido a la interrupción del flujo másico de arroz



Figura 17: Peso de Impurezas encontradas dentro del Tolvas por limpieza manual realizada con Balanza de Precisión.

Fuente: Propia. Extraído de la empresa

Tabla 8: Capacidad Utilizada de Tolvas de zarandas en el 2017-2018

Mes	Sacos producidos total (Unidades)	Capacidad utilizada (kg/h)
Mayo	25 015	11067,35
Junio	27 869	12533,18
Julio	30 544	13808,57
Agosto	30 695	14013,92
Octubre	30 846	14652,85
Noviembre	30 683	13816,77
Diciembre	30 229	13542,64
Enero	29 154	12923,27
Febrero	27 319	12131,72
Marzo	25 587	11308,27
Abril	25 931	11734,07
Mayo	25 596	11604,22
Promedio	28 289	12 761,40

Fuente: Datos de la empresa

La capacidad utilizada o actual se halla dependiendo de los sacos producidos actuales, así tenemos que de Enero a Mayo en promedio la capacidad utilizada, es decir, los kg que se necesitaron para producir la cantidad de sacos actuales fue de 12 761,40 kg/h considerando un tiempo de trabajo de 7 h por día.

Tabla 9: Capacidad de Tolvas de zarandas

(kg/h)

Capacidad	
Capacidad Proyectada o Diseñada	19 047,1429
Capacidad Efectiva o Real	17 171,72
Capacidad Utilizada	12 761,40

Fuente: Datos de la empresa

En la tabla anterior se muestran las capacidades de las zarandas en el área de pre limpieza, la capacidad utilizada es de 12 761,40 kg/h o 3,544 kg/s, las demás capacidades son proporcionadas por la misma empresa, la proyectada que es el máximo teórico y la efectiva que es lo que espera alcanzar. Estas capacidades expresado en cada salida se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10: Caída de flujo másico de arroz en promedio de zaranda 1 y 2

(Kg/s)

Tolvas de Zarandas	salida 1	salida 2	salida 3	salida 4	salida 5	salida 6	Total
Capacidad proyectada o diseñado	0,8818	0,8818	0,8818	0,8818	0,8818	0,8818	5,290
Capacidad Efectiva o Real	0,7949	0,7949	0,7949	0,7949	0,7949	0,7949	4,769
Capacidad Utilizada	0,5908	0,5908	0,5908	0,5908	0,5908	0,5908	3,544

Fuente: Datos de la empresa

El total es la suma de las seis salidas de las 2 Tolvas. La caída de flujo másico se proyecta en 0,8818 kg/s en cada salida de ambas tolvas de zarandas en condiciones ideales, asimismo la empresa espera un flujo másico efectivo o Real de 0,7949 sin embargo el flujo másico actual utilizado de la máquina dentro de la empresa es 0,5908 por salida.

Como se mencionó anteriormente, el arroz que cae de las tolvas de las zarandas es pre-limpiado por las zarandas y dirigido a silos de almacenamiento de arroz húmedo que se conservará hasta el día siguiente de funcionamiento. Es por ello que el flujo másico de arroz utilizado del día anterior es de suma importancia para producir en mayor cantidad.

Las zarandas arrojan 3 tipos de impurezas de los cuales sus tiempos de llenado en condiciones normales proporcionado por la empresa debido a datos de fabricación de la máquina se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11: Tiempos de llenado de impurezas en condiciones normales

Paja	17 min
Palote	23 min
Polvillo	30 min

Fuente: Datos de la empresa

Para conocer más a profundidad sus operaciones, se realiza el siguiente diagrama de análisis de proceso mediante el método de cronometraje:

Tiempo Promedio de Actividades

Primero se desglosó las actividades del área, luego el tiempo promedio de actividades se realizó mediante el método de cronometraje, tiempo que se utilizará para las mediciones efectuadas. Para llevar a cabo el método de cronometraje es necesario conocer las operaciones de cada subproceso existente y calcular en número de observaciones que se realizará por actividad.

El método tiene el siguiente procedimiento sistemático:

Cálculo de observaciones preliminares

Se realiza una muestra tomando 10 lecturas si los tiempos de las actividades son menores a 2 minutos y 5 lecturas si los tiempos de las actividades son mayores a 2 minutos, esto es, debido a que hay más confiabilidad en tiempos grandes que en tiempos muy pequeños donde la probabilidad de error puede aumentar. En la Tabla 12 se detalla los tiempos de las observaciones preliminares.

Tabla 12: Tiempo de observaciones preliminares en minutos en el 2018

Pre-limpieza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga de arroz húmedo a piscinas de almacenamiento	30	31	29	30	30						30
Almacenamiento de arroz húmedo	89	91	89	91	90						90
Encendido de Maquinaria	9,5	10	10	10	10						9,9
Inspeccionar máquinas	9	10	8	8	8						8,6
Otras ocupaciones del operario	10	9	9	8	10						9,2
Descarga de bolsas de impurezas (Paja) de paja y carga de nueva bolsa	3	2,8	2,8	3	2,6						2,84
Transporte de impureza (Paja)	1	1	1,1	1,1	1	1	1,2	1	1	1	1,04
Descarga de bolsa de impureza(Palote) y carga de nueva bolsa	2,5	2,4	2,8	2,5	2,6						2,56
Transporte de impurezas (Palote)	0,8	1	0,9	1	1	1	0,9	0,8	1	1	0,94
Descarga de bolsa de impurezas(Polvillo) y carga de nueva bolsa	2,5	2,8	2,6	3	2,6						2,7
Transporte de impurezas (Polvillo)	1,3	1,4	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
Apagado de fajas por descanso- turno mañana	60	59,5	60	61	60						60,1
Encendido de fajas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Interrupción en la producción por descarga a destiempo de impureza Polvillo	20,2	20,2	20,1	20,2	19,8						20,1
Limpieza de zaranda	3,9	4,1	4	3,9	4						3,98
Revisión de fajas transportadoras en el subsuelo y limpieza del lugar	8	9	8	8,9	8,6						8,5
Inspección de piscinas de almacenamiento	2,2	2	2,5	2	2,4						2,22
Interrupción por tiempo muerto de maquinaria debido a falta de flujo másico	15	15	14,7	15	14,6						14,86

Inspección del flujo másico en zarandas	5.5	5	5	5	4.5						5
Limpieza manual de las salidas del flujo	2.5	2	2	2.2	2						2,14
Apagado de fajas por descanso- turno tarde	121	121	119	119	120						120
Encendido de fajas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Almacenamiento de arroz seco	3	2,5	3,1	2,5	3						2,82
Secado industrial automático											
Descarga de MP	62	61	60	60.5	60						60.7
Transporte de MP	30	28	25	26	25						26,8
Pilado											
Carga a Tolvas de Pilado	61	59,5	59,8	60	60						60,06
Ensacado y sellado automático											
Transporte hacia camiones	45	45,1	48	44	47						45,82

Fuente: Elaboración propia. Extraído de la empresa.

• **Cálculo de Rangos, cociente y n° de observaciones**

Para calcular el rango, es necesario identificar el tiempo mayor y el tiempo menor de la muestra, posteriormente se divide la resta entre la suma del máximo y del mínimo, el resultado de ese cociente se comprueba con la Tabla de Mundel adjunto a continuación, que indicará el número de observaciones que se debe realizar por cada actividad.

Tabla 13: Tabla de Mundel

$(A-B)/(A+B)$	Serie inicial de		$(A-B)/(A+B)$	Serie inicial 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
0,10	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	0,40	190	108
0,18	38	22	0,41	200	114
0,19	43	24	0,42	210	120
0,20	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	0,50	296	170

Fuente: Agustín Cruelles, José. 2013.

Tabla 14: Cálculo de observaciones requeridas por actividad en el 2018

Pre-limpieza	X máx.	X mín.	R máx.-R mín. (A)	R máx.+R mín. (B)	A/B	N° de observaciones
Carga de arroz húmedo a piscinas de almacenamiento	31	29	2	60	0,033	3
Almacenamiento de arroz húmedo	91	89	2	180	0,011	3
Encendido de Maquinaria	10	9,5	0,5	19,5	0,026	3
Inspeccionar máquinas	10	8	2	18	0,111	14
Otras ocupaciones del operario	10	8	2	18	0,111	14
Descarga de bolsas de impurezas (Paja) de paja y carga de nueva bolsa	3	2,6	0,4	5,6	0,071	12
Transporte de impureza (Paja)	1,2	1	0,2	2,2	0,091	5
Descarga de bolsa de impureza(Palote) y carga de nueva bolsa	2,8	2,4	0,4	5,2	0,077	6
Transporte de impurezas (Palote)	1	0,8	0,2	1,8	0,111	8
Descarga de bolsa de impurezas(Polvillo) y carga de nueva bolsa	3	2,5	0,5	5,5	0,091	10
Transporte de impurezas (Polvillo)	1,5	1,3	0,2	2,8	0,071	3
Apagado de máquina por descanso- turno mañana	61	59,5	1,5	120,5	0,012	3
Encendido de fajas	1	1	0	2	0	3
Interrupción en la producción por descarga a destiempo de impureza Polvillo	20,2	19,8	0,4	40	0,010	3
Limpieza de zaranda	4,1	3,9	0,2	8	0,025	3
Revisión de fajas transportadoras en el subsuelo y limpieza del lugar	9	8	1	17	0,059	3

Inspección de piscinas de almacenamiento	2,5	2	0,5	4,5	0,111	14
Interrupción por tiempo muerto de maquinaria debido a falta de flujo másico	15	14,6	0,4	29,6	0,014	3
Inspección del flujo másico en zarandas	5,5	4,5	1	10	0,100	12
Limpieza manual de las salidas del flujo	2,5	2	0,5	4,5	0,111	14
Apagado de máquina por descanso- turno tarde	121	119	2	240	0,008	3
Encendido de fajas	1	1	0	2	0	3
Almacenamiento de arroz seco	3,1	2,5	0,6	5,6	0,107	12
Secado industrial automático						
Descarga de MP	62	60	2	122	0,016	3
Transporte de MP	30	25	5	55	0,091	3
Pilado						
Carga a Tolvas de Pilado	61	59,8	1,2	120,8	0,010	3
Ensacado y sellado automático						
Transporte hacia camiones	48	44	4	92	0,043	3

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al coeficiente obtenido por cada actividad se calcula el número de observaciones requeridas en la tabla de Mundel, posteriormente se halla el promedio de cada actividad con el número de observaciones requeridas, detallado en la siguiente tabla:

Tabla 15: Promedio de tiempo por actividad realizada en el área de pre limpieza

Pre-limpieza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Promedio
Carga de arroz húmedo a piscinas de almacenamiento	30	31	29												30,0
Almacenamiento de arroz húmedo	90	91	89												90,0
Encendido de Maquinaria	9,8	10,2	10												10,0
Inspección máquinas	9	10	8	8	10	8,1	8	10	10	8,9	8,9	8,5	9	8,5	8,9
Distracción y/o otras ocupaciones del operario	10	9	9	8	10	8,9	8,8	8,7	8,6	9	8,8	8,7	8,6	10	9,0
Descarga de bolsas de impurezas (Paja) de paja y carga de nueva bolsa	3	2,7	2,7	2,8	2,6	2,6	2,7	3	2,6	3	2,6	2,6			2,7
Transporte de impureza (Paja)	1	1	1,1	1,1	1										1,0
Descarga de bolsa de impureza(Palote) y carga de nueva bolsa	2,5	2,4	2,8	2,5	2,6	2,7									2,6
Transporte de impurezas (Palote)	0,8	1	0,9	1	1	1	0,9	0,8							0,9
Descarga de bolsa de impurezas(Polvillo) y carga de nueva bolsa	2,5	2,8	2,6	3	2,6	2,82	2,86	2,9	2,94	2,98					2,8
Transporte de impurezas (Polvillo)	1,3	1,4	1,3												1,3
Apagado de máquina por descanso- turno mañana	60	59,5	60												59,8
Encendido de fajas	1	1	1												1,0
Interrupción en la producción por descarga a destiempo de impureza Polvillo	20,2	20,2	20,1												20,2
Limpieza de zaranda	4,1	3,9	4												4,0
Revisión de fajas transportadoras en el subsuelo y limpieza del lugar	8,1	8,9	8												8,3
Inspección de piscinas de almacenamiento	2,2	2	2,5	2	2,4	2,34	2,38	2,42	2,46	2,5	2,5	2,5	2,49	2,47	2,4
Interrupción por tiempo muerto de maquinaria debido a falta de flujo másico	14,9	15	14,7												14,9

Inspección del flujo másico en zarandas	5,5	5	5	5	4,5	4,6	4,8	4,7	4,5	5	4,8	5			4,9
Limpieza manual de las salidas del flujo	2,5	2	2	2,2	2,5	2,5	2	2	2,3	2,4	2	2	2,3	2,5	2,2
Apagado de máquina por descanso- turno tarde	120	121	119												120
Encendido de fajas	1	1	1												1
Almacenamiento de arroz secado	3,1	2,5	3												2,9
Secado industrial automático	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Promedio
Descarga de MP	60	61	61,5												60,8
Transporte de MP	25	27	30												27,3
Pilado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Promedio
Carga a Tolvas de Pilado	60	60,5	59,8												60,1
Ensacado y sellado automático	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Promedio
Transporte hacia camiones	44	48	47,5												46,5

Fuente: Elaboración propia,

De acuerdo al número de observaciones requeridas se halla el tiempo promedio por cada actividad, resumido en la siguiente tabla:

Tabla 16: Tiempo promedio de Actividades en el área de pre limpieza

Actividades	Tiempo promedio (min)
Carga de arroz húmedo a piscinas de almacenamiento	30,0
Almacenamiento de arroz húmedo	90,0
Encendido de Maquinaria	10,0
Inspección máquinas	8,9
Distracción y/o otras ocupaciones del operario	9,0
Descarga de bolsas de impurezas (Paja) de paja y carga de nueva bolsa	2,7
Transporte de impureza (Paja)	1,0
Descarga de bolsa de impureza(Palote) y carga de nueva bolsa	2,6
Transporte de impurezas (Palote)	0,9
Descarga de bolsa de impurezas(Polvillo) y carga de nueva bolsa	2,8
Transporte de impurezas (Polvillo)	1,3
Interrupción por descanso- turno mañana (Apagado de faja)	59,8
Encendido de Fajas	1,0
Interrupción en la producción por descarga a destiempo de impureza Polvillo	20,2
Limpieza de zaranda	4,0
Revisión de fajas transportadoras en el subsuelo y limpieza del lugar	8,3
Inspección de piscinas de almacenamiento	2,4
Interrupción por tiempo muerto de maquinaria debido a falta de flujo másico	14,9
Inspección del flujo másico en zarandas	4,9
Limpieza manual de las salidas del flujo	2,2
Apagado fajas por descanso- turno tarde	120
Encendido de Fajas	1
Almacenamiento de arroz seco	2,9
Total	400,9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestra las actividades que se realizan dentro del área de pre limpieza y el tiempo que demora cada actividad teniendo un total de 400,9 minutos al día.

Tabla 17: Tiempo promedio de actividades del área de Secado Industrial automático

Actividades	Promedio
Descarga de MP	60,8
Transporte de MP	27,3
Total	88,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Tiempo promedio de actividades del área de Pilado

Pilado

Actividades	Promedio
Carga a Tolvas de Pilado	60,1
Total	60,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Tiempo promedio de actividades del área de Ensacado y sellado automático

Actividades	Promedio
Transporte hacia camiones	46,5
Total	46,5

Fuente: Elaboración propia

En las tablas se resumen los tiempos de cada actividad según los subprocesos que se realiza para obtener el producto final, es decir, los sacos de arroz. A continuación, con los tiempos calculados se elabora el Diagrama de Operaciones de Proceso para el área de pre limpieza de arroz.

89 329,8 kg de arroz sin pre limpiar

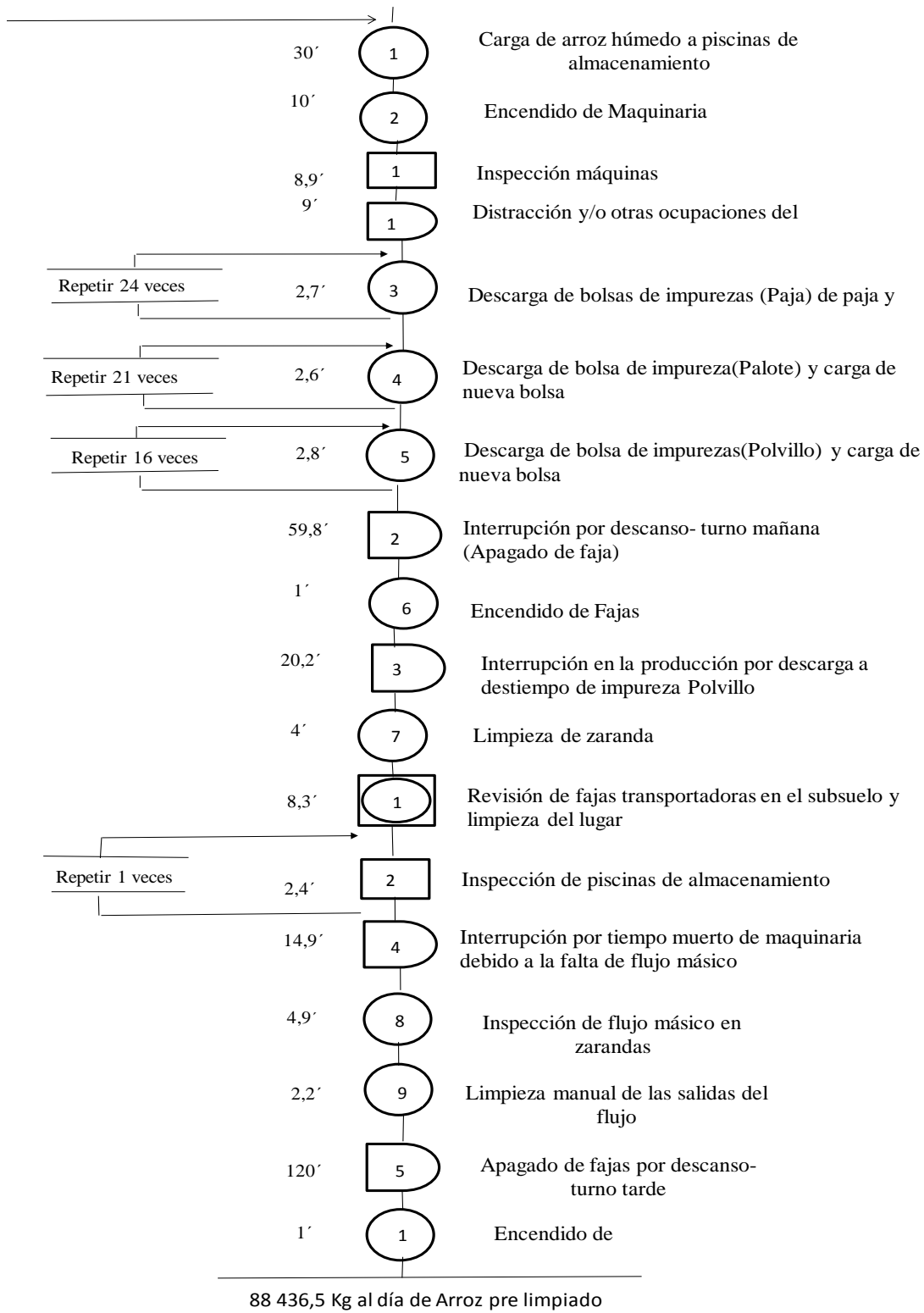








Figura 18: Diagrama de Operaciones de Procesos

Fuente: Elaboración propia

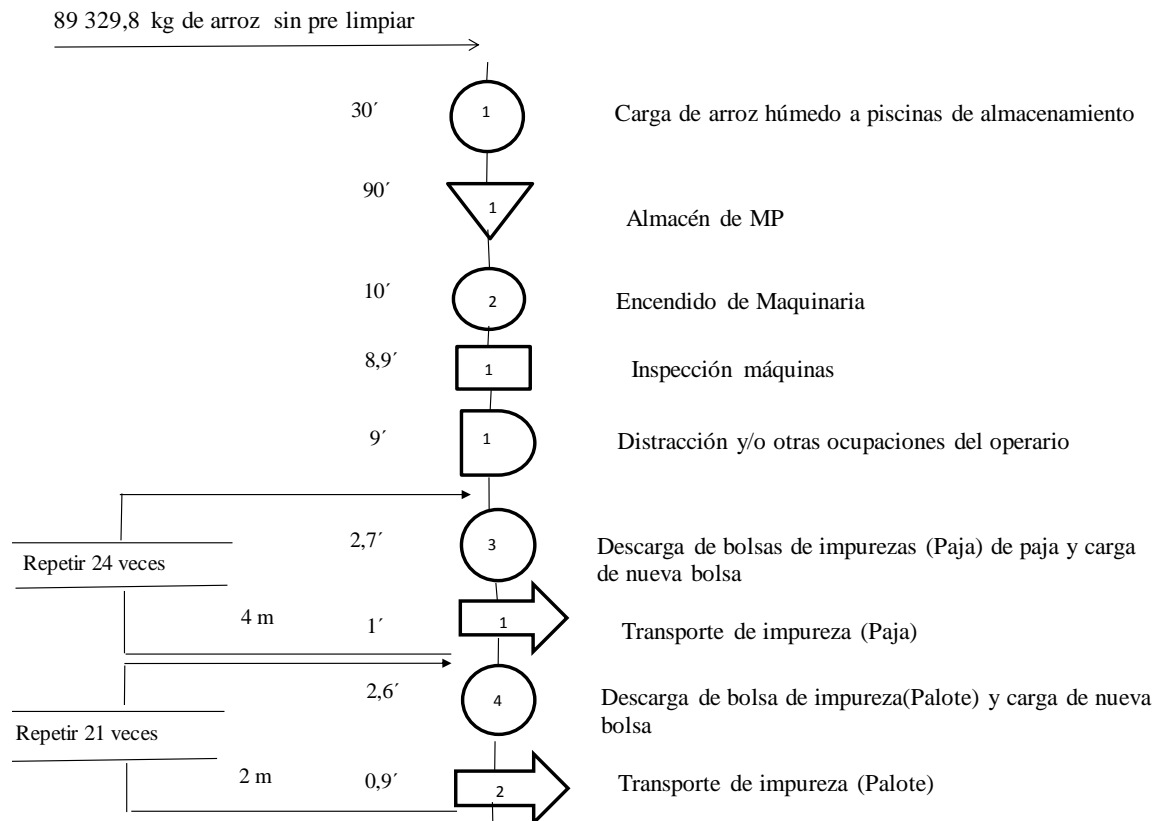
Tabla 20: Resumen de actividades

Resumen de Actividades				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		71	225,4	-
Inspección		3	13,7	-
Transporte		-	-	-
Almacén		-	-	-
Combinada		1	8,3	-
Demora		5	223,9	-
Total		69	471,3	-

Fuente: Elaboración propia

En el Diagrama de Operaciones de Proceso realizado se obtiene un total de 71 operaciones, 3 inspecciones, 1 revisión e inspección y 4 demoras que representa un tiempo significativo y una falta de control en las operaciones que realiza el operario encargado del área.

A continuación, se realizó un Diagrama de Análisis de Proceso que detalla mejor las actividades realizadas dentro del área.



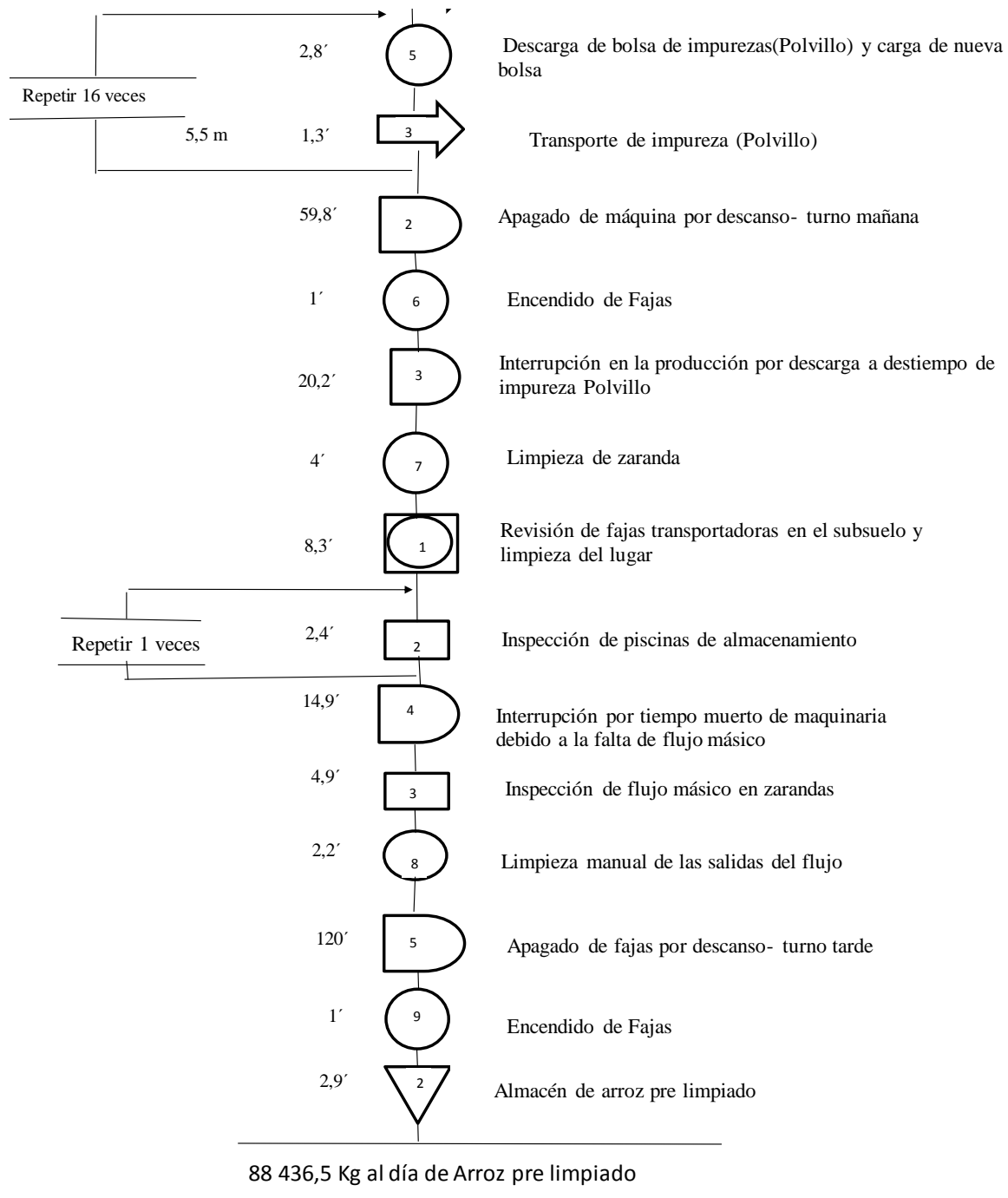








Figura 19: Diagrama de Análisis de Proceso

Fuente: Elaboración propia

Cabe recalcar que el tiempo de apagado de máquinas se da porque si no se realiza la descarga de impurezas ni se controla la acumulación del flujo másico en la máquina, ésta tiene un alto riesgo de malograrse según indicaciones técnicas, ocasionando días de paro en la producción.

Tabla 21: Resumen de actividades del Diagrama de Análisis de Proceso

Resumen de Actividades				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		71	218,3	-
Inspección		3	16,2	-
Transporte		3	63,7	-
Almacén		2	92,9	-
Combinada		1	8,3	-
Demora		5	223,9	-
Total		85	562,8	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 de resumen de actividades del Diagrama de Análisis de Proceso se tienen tiempos más detallados de las funciones del operario dentro del área sumando un total de 85 actividades al día que realiza.

Utilizando el mismo método de cronometraje se calculó los tiempos de llenados de impurezas mencionados en la pág. 46 para observar su comportamiento con el tiempo. Considerando una toma de datos de 5 para actividades mayores de 2 minutos, se obtiene el siguiente cuadro:

Tabla 22: Tiempos de observaciones preliminares de llenado de impurezas en minutos

Pre-limpieza	1	2	3	4	5	Promedio
Tiempo de llenado de Saco de Impureza- Paja	20	24	26	25	26	24,2
Tiempo de llenado de Saco de Impureza- Palote	25	30	32	31	30	29,6
Tiempo de llenado de Saco de Impureza- Polvillo	30	39	35	38	38	36

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al tiempo obtenido por actividad se procede a calcular el número de observaciones requeridas para obtener un promedio por cada ítem el cual se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 23: Cálculo de observaciones requeridas

Pre-limpieza	X máx.	X mín.	R máx.-R mín. (A)	R máx.+R mín. (B)	A/B	Nº de observaciones
Tiempo de llenado de Saco de Impureza- Paja	26	20	6	46	0,13	20
Tiempo de llenado de Saco de Impureza- Palote	32	25	7	57	0,12	17
Tiempo de llenado de Saco de Impureza- Polvillo	39	30	9	69	0,13	20

Fuente: Elaboración propia

El número de observaciones de impurezas es de 20,17 y 20 para los tres tipos de impurezas respectivamente. Estos cálculos son determinados en el siguiente cuadro:

Tabla 24: Promedio calculado de tiempo de llenado por tipo de impurezas en el 2018

Pre-limpieza	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio
Tiempo de llenado de Saco de Impureza-Paja	24,5	24	25,8	25,5	26	24,9	25,5	25	24,6	25	26	24,9	25	25	26	20	25	25,7	26	25,8	25
Tiempo de llenado de Saco de Impureza-Palote	25	30	32	31	30	32	25	30,5	29	29	28	31,5	30,5	30	32	28	30				30
Tiempo de llenado de Saco de Impureza-Polvillo	36,9	30,7	37	37,1	37,8	36,5	37	37,6	37	37,5	37	36,5	36,9	36,5	37,5	36,8	37,5	36,8	37,2	36,9	37

Fuente: Elaboración propia

El promedio del tiempo de llenado de impurezas calculado es de 25,30 y 37 para los los tres tipos de impurezas resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 25:Tiempo de llenado de impurezas

Tipo de impureza	Tiempo
Paja	25
Palote	30
Polvillo	37

Fuente: Elaboración propia

Las descargas realizadas tienen un determinado tiempo dependiendo del tipo de impureza, como se observa en la Tabla 25, los tiempos de llenado de impurezas varía según tipo, la paja tiene un menor tiempo de llenado que es de 25, el palote 30 y el polvillo 37 min que es el que toma más tiempo.

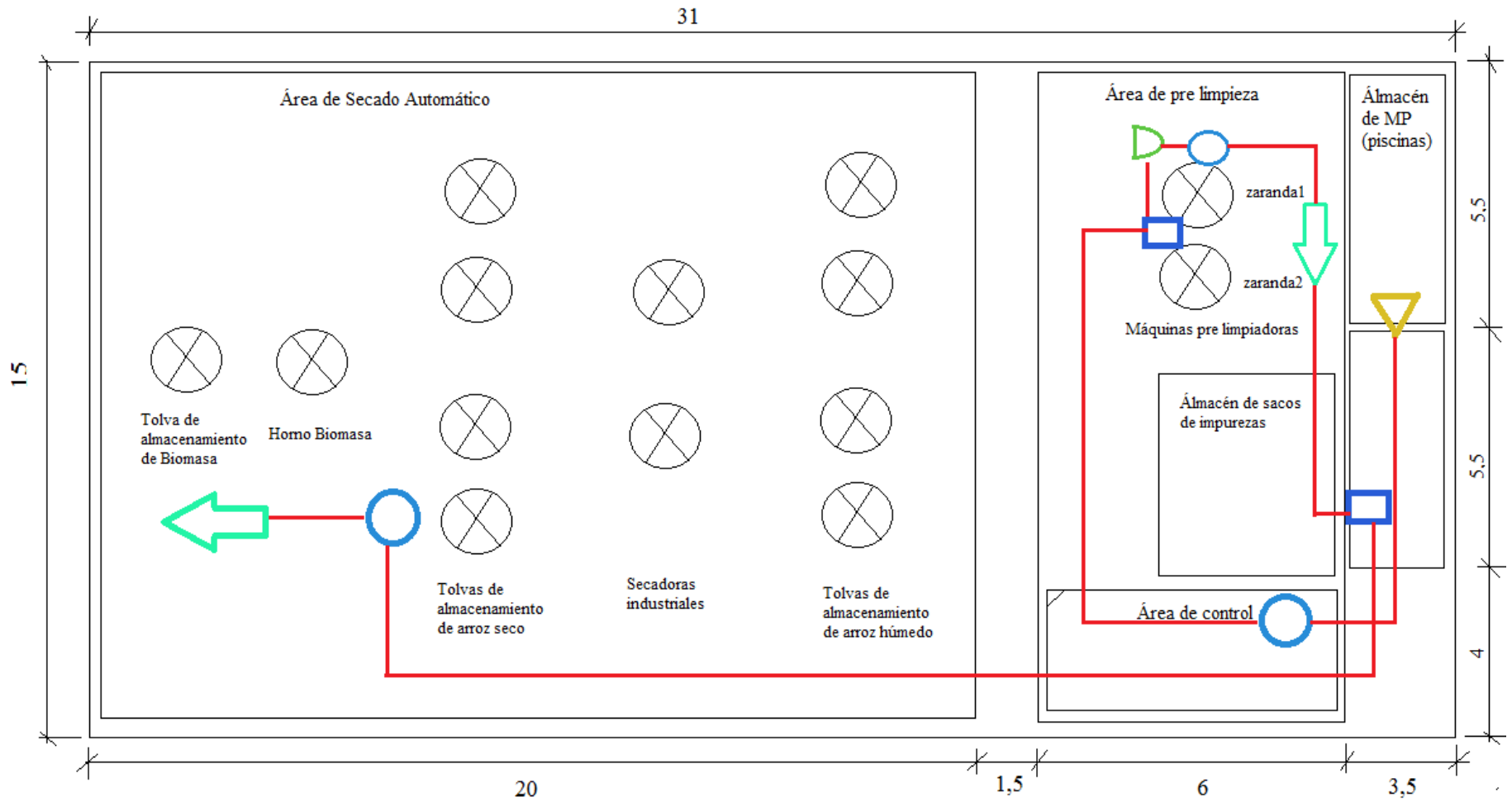


Figura 20: Diagrama de Recorrido

Fuente: Elaboración Propia, Extraída de la empresa

3.1.4 Análisis de Información

Dentro de las operaciones que realiza el operario en el área de pre limpieza tenemos:

- **Descarga a Destiempo de impurezas:** Esta descarga de impureza la realiza el operario de forma manual, cada cierto tiempo dependiendo de la inspección que realiza se da cuenta que el saco de impureza está lleno y procede a su descarga y carga de nueva bolsa. Esta operación es de vital importancia ya que el no descargar impurezas, ocasiona que la zaranda deje de funcionar y por ende deje de llenar arroz en los silos.
- **Limpieza manual de Tolvas de zarandas:** La limpieza manual se debe realizar frecuentemente debido a que, si el operario no lo realiza, las impurezas de arroz se acumulan lo que me impide el flujo másico de arroz.
- **Secado Industrial:** El secado se realiza de forma automática por torres secadoras, en donde se va midiendo el nivel de humedad de arroz. El peso perdido es de 15% de humedad.
- **Pilado:** El arroz es trasladado por los operarios hacia el área de pilado. En ésta área el arroz pasa por unos rodillos industriales para luego pasar automáticamente hacia el ensacado y sellado de sacos de 50 kg. El peso perdido en el pilado es del 33%.
- **Ensacado y sellado:** El ensacado y sellado lo realizan 4 máquinas industriales secuenciales en dónde pasan a ser pesadas y ensacadas a 50 kg para seguidamente pasar a ser selladas por 4 máquinas más.

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. A continuación, se presentará un diagrama Ishikawa donde se clasificarán las causas según su procedencia, mano de obra, maquinaria y equipos, método y medición.

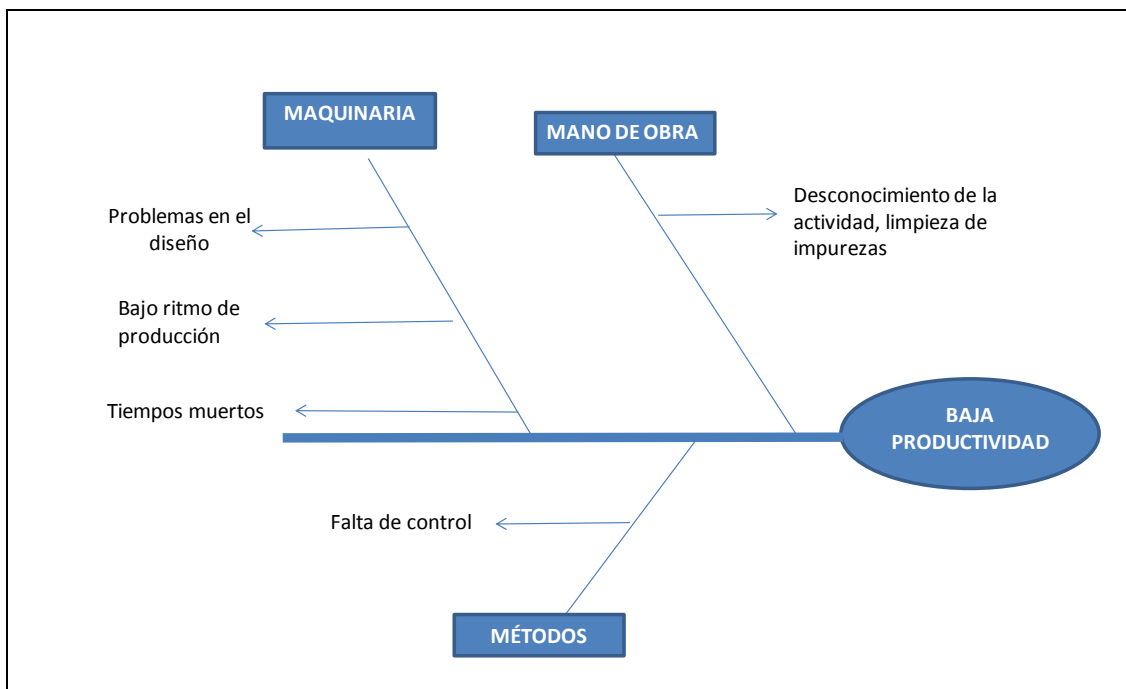


Figura 21: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

A. Métodos

A.1 Causa: Falta de Control

Evidencias:

Actualmente la operación de descarga de impurezas la realiza un solo operario, el cual se encarga de verificar el nivel de llenado de cuatro sacos de impurezas que se llenan en diferentes tiempos como lo muestra la tabla 26 y que varía en el tiempo como se determinó en la pág. 63 del presente estudio y mostrado en la Tabla 27. Este operario no cuenta con una herramienta o equipo de medición, por lo que la verificación del llenado de sacos no lo hace de manera precisa.

Tabla 26: Tiempo de llenado de impurezas en condiciones normales

Tipo de impureza	Tiempo
Paja	17 min
Palote	23 min
Polvillo	30 min

Fuente: Datos de la empresa

Tabla 27: Tiempo de llenado de impurezas transcurrido el tiempo

Tipo de impureza	Tiempo
Paja	25 min
Palote	30 min
Polvillo	37 min

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de llenado de impurezas es el hallado en el previo estudio (Pág. 63) el cual toma valores de 25,30 y 37 minutos respectivamente como muestra la tabla 27

La descarga de impurezas realizadas por el operario del área no tiene un tiempo definido por lo que éste descarga cada cierto tiempo que cree conveniente o cuando observa que el saco se llenó en su totalidad, los tiempos en que descargan las impurezas se halló mediante el método de cronometraje utilizado ya anteriormente, obteniendo:

Tabla 28: Descargas de impurezas a destiempo

	1	2	3	4	5	Promedio
Paja	30	31	31	32,1	30	30,82
Palote	35	36,1	35,2	38	36	36,06
Polvillo	40	42	40	43,3	42,8	41,62

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a hallar el número de observaciones requerido según la tabla de Mundel(Pág. 51)

Tabla 29: Número de observaciones requeridas de tiempos de descarga de impurezas a Destiempo

	X máx.	X mín.	R máx.-R mín. (A)	R máx.+R mín. (B)	A/B	N° de observaciones
Paja	32,1	30	2,1	34,2	0,06	4
Palote	38	35	3	41	0,07	6
Polvillo	43,3	40	3,3	46,6	0,07	6

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se procede a hallar el número de observaciones requeridas:

Tabla 30: Tiempo promedio de Descarga de Impureza a destiempo

	1	2	3	4	5	6	Promedio
Paja	30	31	31	30,6			30,7
Palote	35	36,1	35,2	38	36	36	36,1
Polvillo	41	41	40	43,3	42,8	40,5	41,4

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 30 se muestra el tiempo en el que se descargan las impurezas, que de acuerdo a la tabla 26 y 27 excede al tiempo en que debería descargarse, este excedente de tiempo ocasiona paros en la producción debido a una sobrecarga de arroz en partes de la misma máquina.

El tiempo de llenado de la impureza-paja es alrededor de 17 minutos variando hasta 25 minutos (Tabla 26 y 27), sin embargo, el tiempo en que se descargó fue de 30,7 minutos en la Tabla 30, asimismo para la impureza-palote es de 23 a 30 minutos siendo descargado a los 36,1 minutos y finalmente la impureza-polvillo es de 30 a 37 minutos y se descargó a los 41,4 minutos.

Esta falta de control en las actividades ocasiona paros en la producción, obteniendo mediante el método de cronometraje los tiempos en que la máquina funciona sin producir nada, es decir, el tiempo muerto de maquinarias mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 31: Tiempo muerto de zarandas 1 y 2 en el 2018

	1	2	3	4	5	Promedio	máx.	mín.
Tiempo muerto de maquinaria por descarga a destiempo de impureza	21,62	25,71	26,93	26,58	17,65	23,70	26,93	17,65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Número de observaciones requeridas para hallar el tiempo muerto promedio

	X máx.	X mín.	R máx.-R mín. (A)	R máx.+R mín. (B)	A/B	N° de observaciones
Tiempo muerto de maquinaria por descarga a destiempo de impureza	26,93	17,65	9,286	44,59	0,208	52

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el método de cronometraje y de acuerdo a la tabla de Mundel (pág. 51) se debe realizar un número de observaciones de 52 realizado en la siguiente Tabla:

Tabla 33: Tiempo muerto promedio de zarandas 1 y 2 en el 2018

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Tiempo muerto de maquinaria por descarga a destiempo de impureza	18,25	17,69 5	25,68 1	19,56 6	26,93 8	25,77 1	19,55 4	21,99 8	26,41 2	26,58 8	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	17,6	26,89	21,62 3	21,58 5	21,11 1	19,66 1	21,56	20,55 4	17,89 5	25,55 1	
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	19,52	23,66 8	18,22 3	19,11 2	18,22 4	21,55 2	17,52 1	25,90 0	24,81	23,46	
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
	17,55 8	21,14 2	18,22 1	23,44 5	25,71 0	26,92 2	26,95 4	17,46 9	17,65 2	17,2	
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	21,25 5	17,52 2	21,25	18,55 2	19,12	21,23	26,12 2	19,23	22,25	25,51 2	
	51	52									
25,83 5	18,12 4									21,6	

Fuente: Elaboración propia. Extraído de la empresa

El tiempo muerto de la maquinaria por descarga a destiempo de impurezas en promedio obtenido es de 21,6 min al mes, considerando 30 días, viene a ser un tiempo de 648 min o 10,8 h.

Hallado la Capacidad utilizada (pág. 43) actual de la máquina ($Cu = 3,544 \text{ kg/s}$) y el tiempo muerto de maquinarias en promedio de 10,8 horas calculamos el arroz que no se produce en este tiempo, es decir el arroz no producido por descarga manual a destiempo de impurezas de arroz (Add).

$$Add = \frac{3,544 \text{ kg}}{s} * \frac{3600s}{h} * 10,8h$$

$$Add = 137\ 823,2178 \text{ kg}$$

Luego se calcula los sacos que produce ésta cantidad de arroz (Sadd) que no se produjo en 10,8 horas. Considerando que cada saco pesa 50 kg y que por datos de la empresa el peso que se pierde en el secado ($Ps = 15\%$) y el peso que se pierde en el pilado ($Pp = 33\%$).

$$Sadd = \frac{Add - Ps - Pp}{50 \text{ kg/saco}}$$

$$Sadd = \frac{37\,823,2178 - 20\,673,48268 - 38\,659,41259}{50 \text{ kg/saco}}$$

$$Sadd = \frac{78\,490,32251 \text{ kg}}{50 \text{ kg/saco}}$$

$$Sadd = 1\,570 \text{ sacos}$$

La utilidad no percibida por descarga a destiempo de impurezas (Udd) es 1 570 sacos considerando una utilidad por saco ($Us = S/.5,74 / \text{saco}$)

$$Udd = 1\,570 \text{ sacos} \times \frac{S/.5,74}{\text{saco}}$$

$$Udd = S/.9\,011,8 \text{ al mes}$$

El Utilidad no percibida descarga a destiempo de impurezas es de 9 011,8 soles al mes.

B. Mano de obra

B.1. Causa: Desconocimiento de la actividad, limpieza de impurezas

Evidencias:

El operario a cargo desconoce cada qué cierto tiempo debe realizar la limpieza de maquinaria a desnivel para quitar impurezas, tampoco conoce los riesgos a los que está expuesto al realizar estas operaciones.

Este operario debe subir por sus propios medios cerca de 3 m de altura para realizar limpieza manual dentro de tolvas de zarandas como lo muestra la figura 22 lo que implica un riesgo para el operador porque realiza esta operación dentro de maquinaria en funcionamiento además del nivel de altura que debe subir es sin protección alguna.



Figura 22: Limpieza manual de impurezas en tolvas de zarandas

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Ésta limpieza manual es realizada por el trabajador un número de veces al mes, detallado en la Tabla 34.

Tabla 34: Número de veces que se realiza de limpieza manual de impurezas en las tolvas de las zarandas en el 2018

Mes	Número de veces que realizan limpieza manual a tolvas
Enero	38
Febrero	40
Marzo	50
Abril	48
Mayo	46
Promedio	44,4

Fuente: Datos de la empresa

Mediante el método de observación se contó cuántas veces se realiza limpieza manual a tolvas de impurezas del año más actual 2018. El operario realiza la limpieza manual de impurezas en tolvas de 38 a 50 veces al mes, sin embargo debe realizarse cada media hora como se concluye en la pág. 84.

El número de veces que se debería realizar limpieza manual (F_{lm}) se basa en el tiempo de trabajo al mes entre el tiempo que se debe realizar la limpieza manual ($T_{lm} = 1$ limpieza manual cada 0,5 h) que fue determinado en la pág. 84. Considerando un tiempo de trabajo ($T_t = 7h/día$) con 30 días al mes tenemos:

$$F_{lm} = \frac{T_t}{T_{lm}}$$

$$Flm = \frac{7h}{\text{día}} \times \frac{30\text{días}}{\text{mes}}$$

$$0,5h$$

$$Flm = 420 \text{ veces}$$

Las veces que el operario debe realizar la limpieza manual de las tolvas de la máquina es fundamental para evitar la acumulación de impurezas dentro de la misma, ésta es realizada 44 veces en promedio al mes debiendo realizarse 420 veces para evitar que el flujo másico de arroz decaiga con el tiempo.

C. Maquinaria

C.1 Problemas en el Diseño

Evidencias

La acumulación de impurezas dentro de las tolvas se debe gran parte al diseño interno de la máquina, estructura que se muestra en la Figura 23.

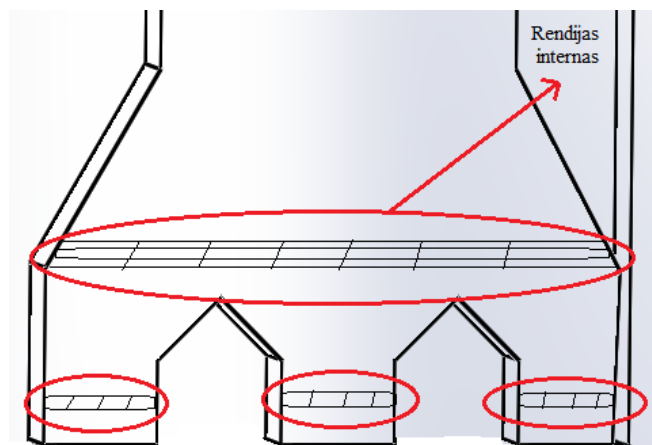


Figura 23: Estructura interna de Tolvas

Fuente: Elaboración propia

Función de Rendijas internas: Según especificaciones técnicas de la máquina que nos proporciona la empresa, la función de estas rendijas es de evitar que el arroz caiga aglomerado hacia las zarandas para una mejor pre limpieza

La acumulación de impurezas dentro de estas tolvas impide que el flujo másico de arroz pase hacia las zarandas como consecuencia se detiene la caída de arroz.

La impureza dentro de las tolvas de salida de arroz fue de 0,30 a 0,48 kg al día en promedio (pág. 40). Dato tomado por cada limpieza manual que realizaban.

Impacto Económico

Para poder evaluar la pérdida económica producida por los tiempos en que la máquina sigue funcionando sin ninguna caída de flujo másico primero se procede a calcular el tiempo

promedio en que la máquina no produce arroz pre limpiado por éste motivo. Siguiendo la metodología de cronometraje ya utilizada anteriormente se hallan las observaciones requeridas:

Tabla 35: Registro de tiempos muertos de maquinaria por motivo de flujo másico cero

	1	2	3	4	5	Promedio	Max	Min
Tiempo muerto de maquinaria por flujo másico cero	20,562	24,551	19,450	26,128	16,912	21,521	26,128	16,912

Fuente: Elaboración propia.

Se registraron tiempos en los que la máquina genera tiempos muertos por motivo de flujo másico cero, de éstos tiempos se toma el rango máximo y mínimo para poder determinar el coeficiente que buscaremos posteriormente en la tabla de Mundel.

Tabla 36: Número de observaciones requeridas para promedio de tiempo muerto de maquinaria por flujo másico cero

	X máx.	X mín.	R máx.-R mín. (A)	R máx.+R mín. (B)	A/B	N° de observaciones
Tiempo muerto de maquinaria por caída de flujo másico cero	26,128	16,912	9,216	43,04	0,214	52

Fuente: Elaboración propia.

El número de observaciones requeridas es de 52 según la Tabla de Mundel (pág. 51) procediendo a colocar los datos tomados en la siguiente tabla:

Tabla 37: Tiempo muerto de maquinaria por caída de flujo másico cero en el 2018

(h)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Tiempo muerto de maquinaria por caída de flujo másico cero	19,551	16,35	26,012	21,586	26,025	24,125	20,102	22,150	26,035	25,965	
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	16,852	20,562	24,856	19,450	18,511	17,856	24,551	19,025	17,056	21,512	
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	19,52	22,658	23,54	17,551	17,925	23,561	16,589	24,900	24,81	25,58	
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
	16,851	20,121	17,470	26,128	26,100	17,98	26,154	17,469	17,652	17,2	
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	22,51	25,571	23,54	17,962	18,95	25,85	26,122	16,912	22,25	25,512	
	51	52	53	54	55	56	57				
25,435	19,558	18,925	22,124	17,255	16,96	26,089				21,4	

Fuente: Elaboración propia. Extraído de la empresa

El tiempo muerto de maquinaria por caída de flujo másico cero en promedio según el número de observaciones es de 21,4 min lo que, al mes, considerando 30 días, viene a ser un tiempo de 642 min o 10,7 h al mes.

Luego de que se obtiene que el tiempo promedio ($T_{fc} = 10,7$ h) en que la máquina no pre limpia por caída de flujo másico de arroz cero, se procede a calcular el arroz que no se produce en este tiempo (A_{fc}).

Teniendo en cuenta que la Capacidad utilizada actual (C_u) de la máquina (pág. 47) es 3,544 kg/s Calculamos:

$$Afc = \frac{3,544kg}{s} \times \frac{3600s}{h} \times 10,7h$$

$$Afc = 136\ 547,0769\ kg$$

Luego se calcula los sacos que produce ésta cantidad de arroz (Safc) que no se produjo en 10,7 horas. Considerando que cada saco pesa 50 kg y que por datos de la empresa el peso que se pierde en el secado (Ps= 15%) y el peso que se pierde en el pilado (Pp = 33%).

$$Safc = \frac{Afc - Ps - Pp}{50\ kg/saco}$$

$$Safc = \frac{136\ 547,0769 - 20\ 482,06154 - 38\ 301,45507}{50kg/saco}$$

$$Safc = 77\ 763,56029 \frac{kg}{50kg/saco}$$

$$Safc = 1\ 555\ sacos$$

La utilidad no percibida por flujo másico cero (Ufc) son ésta cantidad de sacos considerando una utilidad por saco (Us = S/.5,74 /saco)

$$Ufc = 1\ 555\ sacos * \frac{S/.5,74}{saco}$$

$$Ufc = S/.8\ 925,7\ al\ mes$$

El Utilidad no percibida por flujo másico cero es de 8 925,7 soles por mes

C.2 Bajo ritmo de producción

Evidencias

Como dato de empresa se tiene que la capacidad Efectiva o Real (Ce = 0,7949 kg/s) de la maquinaria es mucho mayor que la capacidad utilizada o actual (Cu = 0,5908 kg/s) en promedio calculada en cada salida de zaranda (pág. 47), lo que demuestra que el ritmo de producción es mucho menor de la que se espera. Para observar el comportamiento del flujo másico se procedió a hallar un tamaño de muestra para el presente estudio calculado de la siguiente manera:

Para realizar la toma de datos se usó el método de la observación que requiere identificar los siguientes puntos:

- ✓ Objetivo: Determinar el comportamiento del flujo másico de arroz
- ✓ Unidad: kg/s
- ✓ Conductas a registrarse: flujo másico de arroz en el transcurso del día
- ✓ Instrumentos de medición: Balanza de precisión, cronómetro.

Una vez determinado el objeto de estudio se procede a hallar el tamaño de muestra para lo cual según Valdiviezo [15] se define primero el tipo de población que se va a estudiar. Identificando que es una población finita ya que se conoce el tamaño de la población.

Tamaño de la Población(N): Debido a que se va a estudiar el flujo másico de arroz actual que salen de las tolvas de zarandas por día, la población estará definida por la capacidad actual es decir la capacidad utilizada ($C_u=12\ 761,40\ \text{kg/h}$) que ingresa a dichas tolvas por día el cual se determinó a inicios del estudio (pág. 47)

Ésta capacidad utilizada considerando 7 horas al día será:

$$C_u = \frac{12\ 761,40\ \text{kg}}{\text{h}} \times 7\ \text{h}$$

$$C_u = N = 89\ 328,96\ \text{kg/día}$$

	Fórmula
Población Finita	$n = \frac{Z^2 S^2}{Z^2 S^2 + e^2 (N - 1)}$

Fuente: Estadística Educacional.pág.151. (Valdivieso Taborga 2011)

Por estudios preliminares de la empresa y para tener una mayor exactitud y confiabilidad de los datos, se recomienda una desviación estándar de 0,1 para este caso de estudio.

$$n = \frac{(1,96)^2 \times (0,1)^2 \times (89\ 328,96)}{(1,96)^2 \times (0,1)^2 + (0,05)^2 \times (89\ 328,96)}$$

$$n = 15,349$$

$$n = 16$$

El tamaño de la muestra es de 16 observaciones a realizar mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 38: Registro de flujo másico calculado al día en el 2018

	Salida 1																
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Promedio
8:00- 8:30 am	0,799	0,792	0,762	0,774	0,791	0,782	0,781	0,78	0,762	0,753	0,796	0,785	0,783	0,784	0,79	0,792	0,781
8:30- 9:00 am	0,795	0,788	0,732	0,745	0,771	0,721	0,735	0,754	0,742	0,7	0,771	0,766	0,754	0,762	0,76	0,768	0,754
9:00- 9:30 am	0,735	0,738	0,71	0,719	0,732	0,713	0,752	0,762	0,732	0,739	0,763	0,748	0,736	0,732	0,642	0,682	0,727
9:30- 10:00 am	0,711	0,725	0,7	0,7	0,729	0,7	0,735	0,725	0,715	0,717	0,73	0,731	0,7	0,695	0,593	0,614	0,701
11:00- 11:30 am	0,7	0,712	0,699	0,686	0,686	0,686	0,686	0,699	0,7	0,686	0,7	0,725	0,625	0,600	0,479	0,525	0,662
11:30- 12:00 am	0,658	0,645	0,665	0,528	0,645	0,635	0,655	0,645	0,648	0,569	0,685	0,683	0,6	0,665	0,759	0,5	0,636
12:00- 12:30 am	0,794	0,614	0,634	0,73	0,634	0,617	0,781	0,649	0,616	0,554	0,558	0,645	0,508	0,634	0,724	0,744	0,652
11:30 -12:00 m	0,78	0,568	0,546	0,708	0,586	0,557	0,771	0,523	0,586	0,401	0,773	0,585	0,753	0,560	0,7	0,694	0,630
12:30 -1:00 h	0,745	0,545	0,495	0,645	0,475	0,535	0,745	0,485	0,498	0,79	0,645	0,54	0,625	0,740	0,65	0,629	0,611
3:00-3:30 h	0,715	0,79	0,401	0,585	0,355	0,505	0,655	0,355	0,782	0,65	0,491	0,5	0,581	0,672	0,77	0,586	0,587
3:30- 4:00 h	0,68	0,7	0,48	0,498	0,31	0,718	0,6	0,3	0,728	0,54	0,41	0,41	0,468	0,500	0,67	0,4	0,525
4:00- 4:30 h	0,55	0,641	0,4	0,41	0,77	0,638	0,545	0,751	0,7	0,351	0,351	0,32	0,37	0,451	0,551	0,351	0,509
4:30- 5:00 h	0,5	0,6	0,756	0,37	0,64	0,52	0,4	0,7	0,52	0,3	0,3	0,26	0,3	0,312	0,43	0,3	0,450
5:00 - 5:30 h	0,425	0,52	0,73	0,31	0,54	0,4	0,3	0,62	0,3	0,26	0,21	0,2	0,25	0,260	0,378	0,24	0,371
5:30 - 6:00 h	0,3	0,43	0,69	0,2	0,39	0,3	0,242	0,57	0,261	0,13	0,12	0,13	0,19	0,150	0,3	0,2	0,287
	Salida 2																
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Promedio
8:00- 8:30 am	0,794	0,795	0,782	0,764	0,781	0,782	0,779	0,75	0,712	0,763	0,726	0,722	0,73	0,74	0,724	0,749	0,755
8:30- 9:00 am	0,75	0,788	0,752	0,745	0,731	0,71	0,725	0,714	0,7	0,7	0,678	0,696	0,634	0,612	0,69	0,688	0,707
9:00- 9:30 am	0,675	0,725	0,735	0,72	0,7	0,625	0,7	0,7	0,655	0,625	0,628	0,645	0,58	0,579	0,615	0,575	0,655
9:30- 10:00 am	0,631	0,731	0,72	0,69	0,671	0,571	0,661	0,631	0,61	0,531	0,539	0,61	0,491	0,481	0,531	0,51	0,600
11:00- 11:30 am	0,525	0,725	0,69	0,555	0,625	0,53	0,525	0,525	0,525	0,515	0,515	0,575	0,325	0,355	0,325	0,44	0,517
11:30- 12:00 am	0,458	0,678	0,619	0,513	0,578	0,488	0,49	0,5	0,456	0,483	0,49	0,498	0,658	0,257	0,658	0,368	0,512
12:00- 12:30 am	0,791	0,62	0,524	0,754	0,52	0,444	0,74	0,414	0,4	0,42	0,384	0,44	0,614	0,7	0,584	0,784	0,570

11:30 -12:00 m	0,75	0,58	0,5	0,692	0,47	0,38	0,7	0,358	0,35	0,38	0,68	0,39	0,58	0,62	0,48	0,668	0,536
12:30 -1:00 h	0,65	0,45	0,45	0,631	0,4	0,312	0,65	0,245	0,24	0,63	0,61	0,28	0,496	0,54	0,37	0,59	0,471
3:00-3:30 h	0,55	0,78	0,35	0,586	0,37	0,25	0,55	0,197	0,61	0,58	0,545	0,21	0,45	0,5	0,62	0,495	0,477
3:30- 4:00 h	0,48	0,7	0,3	0,432	0,3	0,68	0,48	0,1	0,55	0,49	0,45	0,13	0,4	0,43	0,58	0,43	0,433
4:00- 4:30 h	0,451	0,651	0,213	0,39	0,651	0,551	0,351	0,651	0,451	0,451	0,33	0,09	0,351	0,36	0,451	0,371	0,422
4:30- 5:00 h	0,4	0,54	0,7	0,31	0,5	0,4	0,2	0,53	0,4	0,4	0,2	0	0,3	0,3	0,4	0,253	0,364
5:00 - 5:30 h	0,3	0,4	0,6	0,245	0,36	0,3	0,167	0,47	0,3	0,3	0	0	0,26	0,2	0,3	0,18	0,273
5:30 - 6:00 h	0,265	0,295	0,52	0,2	0,165	0,265	0,1	0,35	0,265	0,265	0	0	0,21	0,165	0,265	0	0,208
	Salida 3																
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Promedio
8:00- 8:30 am	0,734	0,712	0,72	0,724	0,701	0,712	0,719	0,75	0,738	0,763	0,72	0,707	0,743	0,74	0,78	0,722	0,730
8:30- 9:00 am	0,7	0,68	0,632	0,665	0,681	0,7	0,645	0,72	0,7	0,7	0,678	0,686	0,634	0,612	0,69	0,698	0,676
9:00- 9:30 am	0,625	0,55	0,585	0,575	0,615	0,63	0,607	0,625	0,625	0,59	0,61	0,599	0,6	0,6	0,587	0,527	0,596
9:30- 10:00 am	0,52	0,431	0,513	0,5	0,544	0,581	0,531	0,54	0,431	0,561	0,531	0,536	0,561	0,51	0,531	0,5	0,520
11:00- 11:30 am	0,42	0,4	0,455	0,435	0,465	0,445	0,425	0,435	0,325	0,5	0,325	0,487	0,525	0,44	0,425	0,48	0,436
11:30- 12:00 am	0,258	0,377	0,358	0,358	0,358	0,4	0,328	0,36	0,3	0,458	0,158	0,418	0,658	0,358	0,658	0,43	0,389
12:00- 12:30 am	0,614	0,245	0,284	0,57	0,284	0,324	0,684	0,29	0,23	0,384	0,1	0,372	0,584	0,6	0,584	0,7	0,428
11:30 -12:00 m	0,579	0,2	0,18	0,5	0,17	0,258	0,61	0,18	0,16	0,18	0,68	0,338	0,545	0,52	0,523	0,61	0,389
12:30 -1:00 h	0,51	0,145	0,1	0,45	0,1	0,12	0,545	0,1	0,1	0,65	0,45	0,296	0,45	0,47	0,48	0,562	0,345
3:00-3:30 h	0,465	0,65	0	0,35	0	0	0,435	0	0,55	0,59	0,35	0,218	0,35	0,36	0,65	0,518	0,342
3:30- 4:00 h	0,329	0,58	0	0,28	0	0,58	0,328	0	0,48	0,483	0,281	0,18	0,3	0,28	0,59	0,485	0,323
4:00- 4:30 h	0,27	0,55	0	0,11	0,51	0,451	0,219	0,651	0,43	0,41	0,151	0,1	0,278	0,11	0,52	0,41	0,323
4:30- 5:00 h	0,18	0,43	0,5	0,04	0,4	0,3	0,13	0,54	0,4	0,2	0,1	0	0,1	0,02	0,47	0,36	0,260
5:00 - 5:30 h	0,1	0,31	0,3	0	0,3	0,28	0	0,36	0,3	0,12	0	0	0	0	0,36	0,24	0,166
5:30 - 6:00 h	0	0,21	0,265	0	0,245	0,165	0	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0,26	0,16	0,112
	Salida 4																
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Promedio
8:00- 8:30 am	0,789	0,794	0,767	0,77	0,76	0,762	0,76	0,78	0,762	0,753	0,796	0,785	0,76	0,764	0,77	0,76	0,770

8:30- 9:00 am	0,788	0,786	0,744	0,75	0,7	0,73	0,72	0,754	0,742	0,7	0,771	0,766	0,72	0,74	0,72	0,768	0,743
9:00- 9:30 am	0,755	0,748	0,711	0,71	0,66	0,7	0,68	0,762	0,732	0,739	0,763	0,748	0,67	0,7	0,68	0,682	0,715
9:30- 10:00 am	0,721	0,739	0,7	0,67	0,62	0,68	0,62	0,725	0,715	0,717	0,73	0,731	0,61	0,65	0,6	0,614	0,677
11:00- 11:30 am	0,7	0,712	0,674	0,62	0,58	0,62	0,59	0,699	0,7	0,686	0,7	0,725	0,56	0,6	0,57	0,525	0,641
11:30- 12:00 am	0,688	0,673	0,668	0,58	0,52	0,59	0,5	0,645	0,648	0,569	0,685	0,683	0,75	0,665	0,74	0,5	0,631
12:00- 12:30 am	0,794	0,621	0,64	0,7	0,47	0,523	0,73	0,649	0,616	0,554	0,558	0,645	0,68	0,734	0,7	0,754	0,648
11:30 -12:00 m	0,753	0,573	0,56	0,67	0,4	0,5	0,68	0,523	0,586	0,401	0,783	0,585	0,53	0,56	0,65	0,69	0,590
12:30 -1:00 h	0,715	0,54	0,514	0,62	0,35	0,42	0,64	0,485	0,498	0,746	0,645	0,54	0,5	0,74	0,6	0,64	0,574
3:00-3:30 h	0,679	0,798	0,441	0,59	0,3	0,4	0,6	0,355	0,72	0,65	0,491	0,5	0,48	0,672	0,7	0,586	0,560
3:30- 4:00 h	0,612	0,73	0,418	0,55	0,25	0,73	0,57	0,3	0,68	0,54	0,41	0,41	0,44	0,5	0,6	0,4	0,508
4:00- 4:30 h	0,57	0,685	0,4	0,46	0,7	0,68	0,53	0,75	0,62	0,351	0,351	0,32	0,39	0,451	0,55	0,35	0,509
4:30- 5:00 h	0,5	0,61	0,756	0,4	0,64	0,54	0,43	0,7	0,52	0,3	0,3	0,26	0,3	0,312	0,46	0,3	0,458
5:00 - 5:30 h	0,485	0,53	0,72	0,35	0,53	0,44	0,3	0,62	0,4	0,26	0,21	0,2	0,25	0,26	0,43	0,24	0,389
5:30 - 6:00 h	0,33	0,45	0,67	0,2	0,4	0,35	0,25	0,57	0,3	0,13	0,12	0,13	0,1	0,15	0,3	0,2	0,290
Salida 5																	
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Promedio
8:00- 8:30 am	0,745	0,765	0,774	0,77	0,77	0,75	0,76	0,74	0,72	0,77	0,728	0,742	0,732	0,75	0,74	0,75	0,750
8:30- 9:00 am	0,7	0,758	0,748	0,74	0,74	0,7	0,73	0,71	0,67	0,7	0,681	0,69	0,67	0,64	0,69	0,67	0,702
9:00- 9:30 am	0,65	0,72	0,73	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,628	0,642	0,65	0,62	0,6	0,64	0,6	0,655
9:30- 10:00 am	0,6	0,7	0,7	0,65	0,69	0,58	0,66	0,638	0,57	0,57	0,525	0,6	0,56	0,55	0,6	0,54	0,608
11:00- 11:30 am	0,522	0,69	0,69	0,58	0,64	0,54	0,62	0,56	0,525	0,51	0,533	0,55	0,48	0,46	0,48	0,5	0,555
11:30- 12:00 am	0,48	0,646	0,619	0,53	0,59	0,49	0,52	0,5	0,46	0,46	0,485	0,518	0,65	0,38	0,68	0,48	0,530
12:00- 12:30 am	0,73	0,62	0,524	0,76	0,54	0,45	0,7	0,43	0,4	0,41	0,38	0,48	0,61	0,72	0,61	0,7	0,566
11:30 -12:00 m	0,74	0,58	0,5	0,69	0,5	0,4	0,68	0,36	0,38	0,36	0,7	0,42	0,55	0,65	0,59	0,64	0,546
12:30 -1:00 h	0,68	0,44	0,45	0,64	0,42	0,38	0,61	0,274	0,28	0,6	0,66	0,37	0,49	0,58	0,49	0,6	0,497
3:00-3:30 h	0,59	0,75	0,37	0,58	0,38	0,29	0,56	0,21	0,63	0,56	0,57	0,31	0,44	0,5	0,67	0,54	0,496
3:30- 4:00 h	0,51	0,7	0,3	0,46	0,3	0,69	0,52	0,15	0,56	0,52	0,48	0,26	0,4	0,4	0,6	0,48	0,458
4:00- 4:30 h	0,48	0,66	0,2	0,4	0,67	0,61	0,48	0,69	0,47	0,47	0,36	0,2	0,34	0,3	0,5	0,41	0,452
4:30- 5:00 h	0,42	0,55	0,7	0,38	0,6	0,54	0,42	0,56	0,41	0,4	0,25	0,1	0,3	0,2	0,4	0,325	0,409

5:00 - 5:30 h	0,34	0,43	0,62	0,3	0,4	0,43	0,3	0,48	0,36	0,3	0,1	0	0,2	0,1	0,3	0,21	0,304
5:30 - 6:00 h	0,27	0,3	0,54	0,2	0,27	0,3	0,27	0,4	0,3	0,2	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,209
	Salida 6																
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Promedio
8:00- 8:30 am	0,753	0,72	0,749	0,76	0,716	0,729	0,7	0,763	0,737	0,768	0,74	0,742	0,75	0,75	0,74	0,74	0,741
8:30- 9:00 am	0,72	0,69	0,67	0,67	0,694	0,7	0,686	0,731	0,7	0,7	0,68	0,716	0,67	0,64	0,69	0,7	0,691
9:00- 9:30 am	0,67	0,57	0,56	0,58	0,642	0,66	0,618	0,66	0,65	0,63	0,6	0,659	0,6	0,6	0,61	0,63	0,621
9:30- 10:00 am	0,58	0,429	0,524	0,52	0,578	0,58	0,572	0,58	0,53	0,58	0,551	0,584	0,57	0,53	0,57	0,56	0,552
11:00- 11:30 am	0,44	0,41	0,483	0,474	0,516	0,512	0,479	0,52	0,45	0,5	0,45	0,498	0,5	0,47	0,45	0,5	0,478
11:30- 12:00 am	0,358	0,38	0,379	0,418	0,45	0,48	0,385	0,45	0,36	0,48	0,38	0,421	0,68	0,38	0,683	0,44	0,445
12:00- 12:30 am	0,644	0,26	0,312	0,59	0,38	0,345	0,699	0,34	0,3	0,41	0,21	0,396	0,61	0,61	0,619	0,71	0,464
11:30 -12:00 m	0,584	0,23	0,241	0,52	0,237	0,27	0,61	0,29	0,2	0,3	0,7	0,355	0,58	0,54	0,573	0,64	0,429
12:30 -1:00 h	0,513	0,18	0,213	0,47	0,23	0,19	0,55	0,2	0,1	0,67	0,545	0,329	0,47	0,48	0,514	0,56	0,388
3:00-3:30 h	0,47	0,63	0,186	0,381	0,1	0,1	0,48	0,1	0,59	0,62	0,36	0,286	0,39	0,37	0,68	0,52	0,391
3:30- 4:00 h	0,39	0,59	0,1	0,32	0	0,61	0,36	0	0,52	0,54	0,29	0,21	0,32	0,29	0,61	0,485	0,352
4:00- 4:30 h	0,28	0,57	0	0,217	0,57	0,55	0,3	0,67	0,46	0,47	0,15	0,15	0,27	0,2	0,54	0,42	0,363
4:30- 5:00 h	0,2	0,44	0,58	0,23	0,51	0,47	0,23	0,58	0,4	0,38	0,1	0,1	0,2	0,1	0,48	0,37	0,335
5:00 - 5:30 h	0,14	0,36	0,35	0,2	0,4	0,35	0,1	0,47	0,32	0,27	0	0	0,1	0	0,4	0,3	0,235
5:30 - 6:00 h	0,1	0,27	0,27	0	0,3	0,2	0	0,32	0,25	0,1	0	0	0	0	0,3	0,16	0,141

Fuente: Elaboración Propia. Extraído de dela empresa.

Según Dante Manuel García Jiménez. Primera edición 2017. Perú. “Guía de Laboratorio de Balance de Materia y energía”, que puede ser impresa para fines de estudios industriales, para calcular los flujos másicos de entradas y salidas de un proceso se puede poner una muestra mayor a 1 kg y anotar el tiempo que demora en pasar con instrumentos confiables como un cronómetro, por lo que se usó este método para hallar el flujo másico de cada salida de maquinaria.

Del cuadro se observó que el flujo másico de arroz conforme transcurre el tiempo va decayendo llegando en ocasiones a 0 kg/s por acumulación de impureza dentro de maquinaria, asimismo se concluyó que cada vez que se realizaba limpieza manual el flujo másico de arroz era mayor como se resalta en el cuadro.

Todos los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 39: Caídas de flujo másico de arroz de la zaranda 1 y 2 en el 2018

Hora/flujo másico (kg/s)	Zaranda 1			Hora/flujo másico (kg/s)	Zaranda 2		
	salida 1	salida 2	salida 3		salida 4	salida 5	salida 6
8:00- 8:30 am	0,782	0,756	0,730	8:00- 8:30 am	0,771	0,750	0,741
8:30- 9:00 am	0,754	0,707	0,676	8:30- 9:00 am	0,744	0,702	0,691
9:00- 9:30 am	0,727	0,655	0,597	9:00- 9:30 am	0,715	0,655	0,621
9:30- 10:00 am	0,701	0,601	0,520	9:30- 10:00 am	0,678	0,608	0,552
11:00- 11:30 am	0,662	0,517	0,437	11:00- 11:30 am	0,641	0,555	0,478
11:30- 12:00 am	0,637	0,512	0,390	11:30- 12:00 am	0,632	0,531	0,445
12:00- 12:30 am	0,652	0,571	0,428	12:00- 12:30 am	0,648	0,567	0,465
11:30 -12:00 m	0,631	0,536	0,390	11:30 -12:00 m	0,590	0,546	0,429
12:30 -1:00 h	0,612	0,472	0,346	12:30 -1:00 h	0,575	0,498	0,388
3:00-3:30 h	0,587	0,478	0,343	3:00-3:30 h	0,560	0,497	0,391
3:30- 4:00 h	0,526	0,433	0,324	3:30- 4:00 h	0,509	0,458	0,352
4:00- 4:30 h	0,509	0,423	0,323	4:00- 4:30 h	0,510	0,453	0,364
4:30- 5:00 h	0,451	0,365	0,261	4:30- 5:00 h	0,458	0,410	0,336
5:00 - 5:30 h	0,371	0,274	0,167	5:00 - 5:30 h	0,389	0,304	0,235
5:30 - 6:00 h	0,288	0,208	0,113	5:30 - 6:00 h	0,291	0,209	0,142

Fuente: Elaboración propia.

El flujo másico de arroz tiene un comportamiento decreciente como se resume en el cuadro, llegando al final del día a un bajo ritmo. Para mostrar mejor el comportamiento del flujo másico de arroz, se muestra los datos de la Tabla 39 en gráficos como se observa en la siguiente figura:

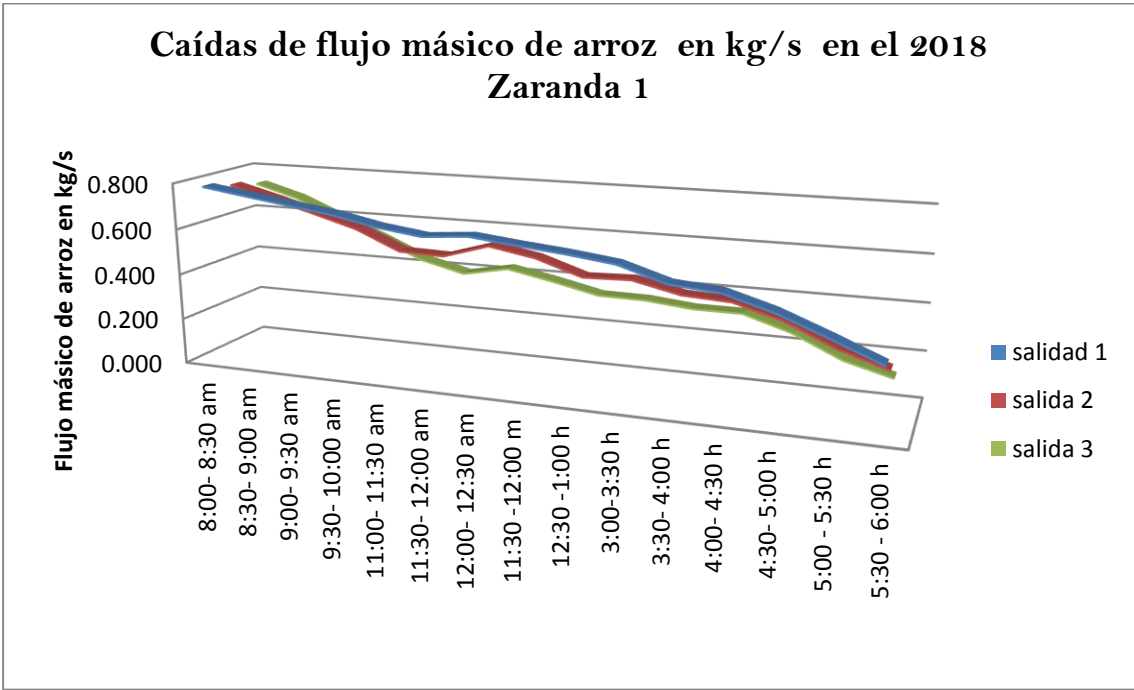


Figura 24: Caída de flujo másico utilizado de arroz de la zaranda 1 en el 2018

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior fue de la zaranda1, ahora la zaranda2 se muestra a continuación:

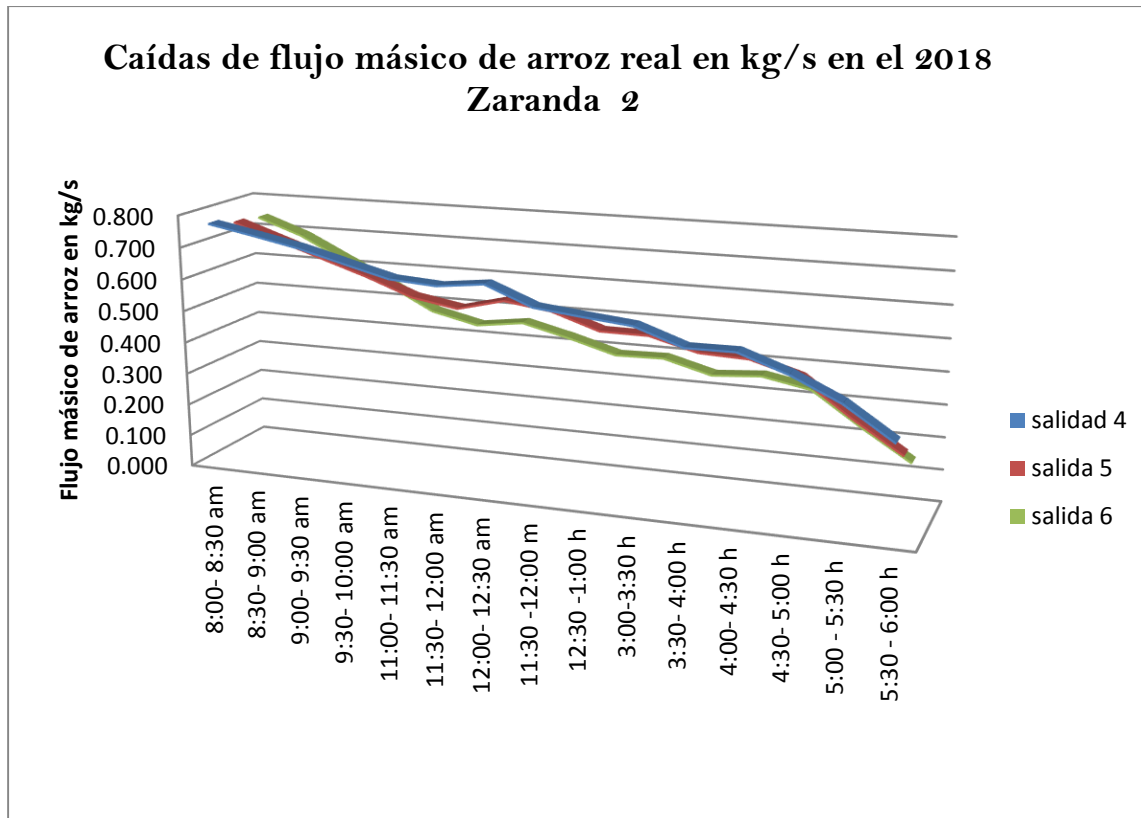


Figura 25: Caída de flujo másico de arroz de la zaranda 02 del 2018

Fuente: Elaboración propia

La figura muestra de manera gráfica el comportamiento que tiene el flujo másico de arroz que cae hacia las zarandas 1 y 2, el cual va decreciendo conforme pasan las horas. Los picos en los que se eleva el flujo másico de arroz indica que se realizó una limpieza manual de impurezas dentro de la máquina y por lo tanto el flujo másico aumentó. Se concluye entonces que la caída de flujo másico de arroz decrece cada media hora aproximadamente.

Impacto Económico

Para poder evaluar la pérdida económica producida por los tiempos en que la máquina sigue funcionando con baja caída de flujo másico primero se procede a calcular el tiempo de operación en que la máquina produce arroz pre limpiado con este problema. Para calcular este tiempo de operación de la máquina (Top) al mes, al tiempo de Trabajo (Tt = 7h/día) se le resta el tiempo muerto de maquinaria al mes promedio por flujo másico cero (Tfc = 10,7 h) y Tiempo muerto de maquinaria por descarga a destiempo de impureza al mes (Tdi = 10,8 h)

$$Top = Tt - Tfc - Tdi$$

$$Top = \frac{7h}{dia} * \frac{30 \text{ días}}{mes} - 10,7 - 10,8$$

$$Top = 188,5 h$$

Una vez hallado el tiempo de operación de la maquinaria se procede a hallar la diferencia de la capacidad actual o utilizada y la capacidad que debería ser o efectiva, obteniendo una diferencia de capacidades que es la capacidad que se pierde.

Tabla 40: Diferencia de Capacidad de Tolva de Zarandas

Capacidad	Kg/s
Capacidad Efectiva o Real	4,769
Capacidad Utilizada	3,544
Diferencia de Capacidad	1,225

Fuente: Datos de la empresa

Luego de que se obtiene la diferencia de Capacidad (Dc= 1,225 kg/s) que es la capacidad que se pierde por la baja caída de flujo másico y teniendo el Tiempo de operación (Top = 188,5 h/mes) se procede a calcular el arroz que no se produce en este tiempo (Afb)

$$Afb = 188,5 h \times \frac{3600s}{h} \times \frac{1,225kg}{s}$$

$$Afb = 831\ 343,084 \text{ kg}$$

Considerando que cada saco pesa 50 kg y que por datos de la empresa el peso que se pierde en el secado (Ps= 15%) y el peso que se pierde en el pilado (Pp = 33%) se procede a calcular los sacos que no se producen (Safb)

$$Safb = \frac{Afb - Ps - Pp}{50 \text{ kg/saco}}$$

$$Safb = \frac{831\ 343,084 - 706\ 641,622 - 233\ 191,735}{50kg/saco}$$

$$Safb = \frac{473\ 449,887 \text{ kg}}{50kg/saco}$$

$$Safb = 9\ 468 \text{ sacos}$$

La utilidad no percibida por bajo flujo másico cero (Ufb) son ésta cantidad de sacos considerando una utilidad por saco ($U_s = S/.5,74 /saco$)

$$U_{fb} = 9\,468 \text{ sacos} \times 5,74 \text{ soles/saco}$$

$$U_{fb} = S/.54\,346,32 \text{ al mes}$$

La Utilidad no percibida por bajo flujo másico es de 54 346,32 soles por mes

C.3. Causa: Tiempos muertos de maquinaria

Evidencias

Los tiempos muertos de maquinarias son tanto por la caída de flujo másico cero como por la descarga a destiempo de cada impureza de arroz como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 41: Tiempo muerto promedio de máquina pre limpiadora al mes (h)

	Por flujo másico cero	Por descarga a destiempo de impurezas	Total
Tiempo muerto de maquina pre limpiadora	10,7	10,8	21,5

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos muertos de maquinaria se dan tanto por el flujo másico cero como por el tiempo muerto por descargar a destiempo las impurezas debido a que la máquina pre-limpiadora que incluye las zarandas no puede apagarse, por lo que sólo se apaga las fajas transportadoras que trasladan el arroz hacia éstas zarandas.

Impacto económico:

Todos estos tiempos muertos involucran pérdidas económicas en consumo de energía eléctrica detallado en la siguiente tabla:

Tabla 42: Utilidad no percibida por tiempos muertos de maquinaria en el área de Pre – Limpieza con relación a la Energía Eléctrica

	Tiempo muerto (h)	Consumo de Energía Eléctrica (watt/h)	Costo (S/.) de watt	Dinero perdido en Energía Eléctrica(S/.) al mes
Máquina pre limpiadora	21,5	155 000	0,00039*	1299,675

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la utilidad no percibida por tiempos muertos de maquinaria (Utm) son de 1299,675 soles al mes.

(*) El costo de watt/h es proporcionado por la empresa es de S/. 0,39/ watt-h

Hasta el momento por todas las causas descritas anteriormente se genera una baja productividad de materia prima. La materia prima que pre limpian las zarandas es la destinada a los silos de arroz húmedo para su posterior secado, ensacado y sellado industrial de sacos; la materia prima que no logra ser pre limpiada se reserva para el horno de Biomasa Industrial ubicado en el área de secado industrial. Por ello la materia prima que éstas zarandas pre limpian determinan la producción y productividad de la materia prima.

Tabla 43: Cantidad de arroz utilizado y pre limpiado (kg)

Mes	Arroz utilizado en piscinas de almacenamiento.	Arroz pre limpiado (actual presente en silos de almacenamiento de arroz húmedo)
Promedio	3 960 000	2 679 264

Fuente: Datos de la empresa

El arroz en piscinas de almacenamiento es el utilizado por día para ser pre limpiado por las zarandas.

Para calcular la productividad de materia prima (Pmp) actual tenemos la capacidad utilizada (Cu= 3,544 kg/s) calculada en la pág. 47. Por lo que al mes (30 días) considerando 7h de trabajo diario tenemos un total de 2 679 264 kg/mes

Tenemos:

$$(\%)Pmp = \frac{Entrada\ de\ MPp}{Salida\ de\ MPs} * 100$$

$$(\%)Pmp = \frac{2\,679\,264}{3\,960\,000} * 100$$

$$Pmp = 66,65 \%$$

Entonces la productividad actual en el área de pre-limpieza en relación con el almacenamiento de arroz húmedo en los silos y cantidad de arroz utilizado o descargado en las piscinas de almacenamiento son de 66,65 %

Según Castro 2007 el único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad y/o utilidades es aumentando su productividad es por ello se plantea la presente propuesta.

Tabla 44: Impacto Económico en el área de pre-limpieza al mes

Causa	Impacto Económico
A.1: Falta de control	S/. 9 011,8
B.1: Desconocimiento de la actividad, limpieza de impurezas	
C.1: Problemas en el diseño	S/. 8 925,7
C.2: Bajo ritmo de producción	S/. 54 346,32
C.3: Tiempos muertos de maquinaria	S/. 1299,675
Total	73 583,495

Fuente: Elaboración propia

El impacto económico determinado por cada causa es resumido en la tabla 44, así se tiene un total de 73 583,495 soles de pérdidas.

Asimismo, en la Tabla 45, se muestran los indicadores a utilizar para después de la propuesta medir los resultados logrados, estos datos fueron los calculados en el presente estudio por cada una de las causas.

Tabla 45: Indicadores Actuales

Causa	Indicador Actual
B.1: Desconocimiento de la actividad, limpieza de impurezas	Flm : 420 veces
A.1: Falta de control	Sadd: 1570 sacos no producidos al mes
C.1.: Problemas en el diseño	Safc: 1 555 sacos no producidos al mes
C.2: Bajo ritmo de producción	Safb: 9 468 sacos no producidos al mes
C.3: Tiempos muertos de maquinaria	Utm: 21,5 h/mes
Baja productividad de materia prima	66,65%

Fuente: Elaboración propia

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

Para el desarrollo de la propuesta de mejoras en el sistema de producción, se va a detallar la solución planteada según la causa diagnosticada y detallada.

Cabe recalcar que según estudios del Grupo en Innovación y Desarrollo Tecnológico de la U.N. de Manizales en el 2014 por Jaime Alberto Giraldo con base a resultados de investigaciones ya desarrolladas, asegura que durante el tiempo que una máquina está parada o no produce mientras se cumplen otros procesos se pierde tiempo y dinero afectando la productividad, es por ello que las propuestas de buscan a su vez eliminar estos tiempos muertos de maquinaria.

3.3.1 Diseño del sistema automatizado para el control de descarga de sacos de impurezas de arroz en el área de pre limpieza

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico por causas, se formula la propuesta de automatización del área de pre limpieza como solución a la causa A.1.

El diseño del sistema automatizado en el área de pre limpieza a proponer, busca corregir los impactos negativos por la falta de control.

Para este diseño es necesario tener en cuenta los siguientes datos:

- Medida del saco de impureza: $L=0,95$, $a = 0,58$ m
- Medida de salida según tipo de impureza;
Palote I y Polvillo: $L = 200$, $a = 300$
Palote II y Paja: $L = 250$, $a = 300$
En este punto se diseñará el sistema necesario para el prototipo, los cuales son
- Sistema de sensores y alarma: Permitirá un mejor control en cuanto a las operaciones realizadas por el operario además de permitir disponer de más tiempo de éste para realizar otras funciones dentro del área.
- Sistema de panel de control: Controlará el encendido de motores y apagado de los mismos, apagado de emergencia del sistema, encendido y apagado de alarmas mediante señal de relé de sensor.

Sistema de sensores y alarma

Los componentes del sistema son:

A. Sensores

Éste servirá para detectar el nivel máximo de llenado de sacos de impurezas

Para determinar el tipo de sensor a usar escogeremos uno con sondas de control del nivel máximo con productos de grano.

El sensor capacitivo fue elegido debido a que controla el máx. y/o mín. nivel con productor en grano, polvo, áridos, etc. como lo indica su ficha técnica (Anexo 14)

Este sensor reacciona ante metales y no metales, creando un campo electrostático que se activa sin tocar el material

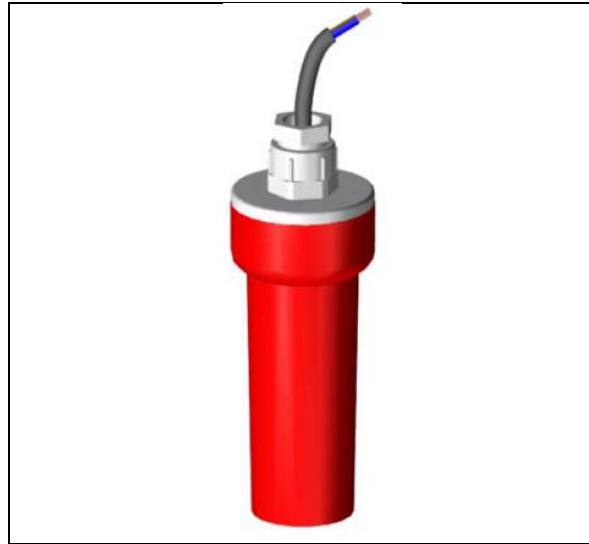


Figura 26: Sensor capacitivo SCS 35

Fuente: Catálogo Schneider (2017)

El sensor a elegir es el sensor capacitivo SCS 35 cuyas dimensiones se muestran a continuación

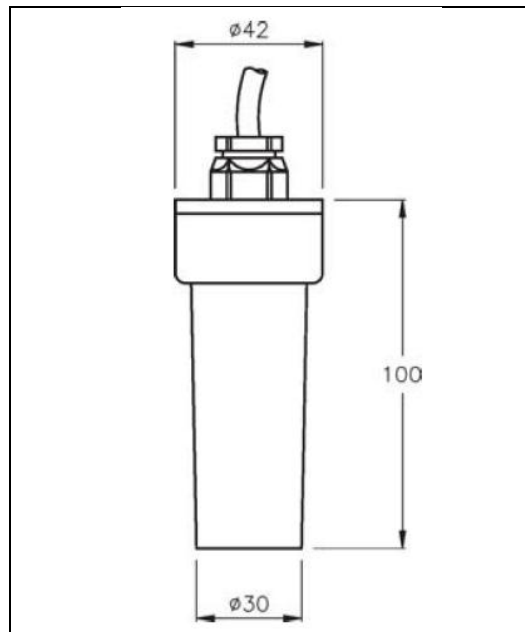


Figura 27: Dimensiones de Sensor capacitivo SCS 35

Fuente: Catálogo Schneider (2017)

Siendo el sensor a ubicar uno capacitivo, reaccionará ante el material de los sacos (polipropileno) y las salidas de impurezas (Paja, palote y polvillo) por lo que se deberá tener en cuenta el espacio disponible y las medidas longitudinales de cada una de las ubicaciones dentro del sistema.

- La dimensión de los soportes donde irán ubicados los sensores se calculará teniendo en cuenta el diámetro de los sacos de impureza(D) para ello se necesita el perímetro de la circunferencia del saco ($L = 1160 \text{ mm}$)

Definición	Fórmula
Perímetro	$L = \pi \times D$

Fuente: Charles D. Miller.2006

$$L = \pi \times D$$

Teniendo en cuenta que el saco de impureza tiene un perímetro de 1160 mm, reemplazamos:

$$1160 = \pi \times D$$

$$D = 369,2 \text{ m m}$$

Considerando que la distancia de actuación según ficha técnica del sensor capacitivo SCS 35 (Anexo 14) es de 12 mm. Se propone la ubicación a una distancia media de los soportes para evitar una posible detección errónea del material objetivo.

Debido a que la actuación del sensor es de 12 mm y para evitar que detecte una señal equivocada se tomará una medida uniforme ($M_c=40\text{mm}$) comparando posteriormente que el soporte donde irá ubicado el sensor (D_p) sea mayor al nivel de actuación del sensor, es decir mayor a 12 mm.

Estos soportes estarán hechos de hierro y la dimensión principal en donde estarán ubicados los sensores (D_p) se determinará a continuación teniendo en cuenta:

- Diámetro del saco: 369,2 mm
- **Medidas de salida de impureza de Palote I y Polvillo**
- Ancho Salida I (A_{s1}): 200
- Largo Salida (L_s): 300

Se tiene una Suma de diámetros de saco ($S_d = 738,4\text{mm}$) que debe ser igual a la suma de los diámetros de los soportes:

$$S_d = D_p + A_{s1} + L_s + (M_c \times 3)$$

$$738,4 = D_p + 200 + 300 + (40 \times 3)$$

$$D_p = 118,4 \text{ mm}$$

Se considera una medida mayor para el soporte donde irá ubicado el sensor capacitivo cuya dimensión hallada será de 118,4 mm (valor mayor al nivel de actuación del sensor, 12 mm) como se observa en la Figura 28

De igual forma se calcula las dimensiones para el soporte II (Figura 29), teniendo en cuenta que las medidas de la salida ahora son:

- **Medidas de salida de impureza de Palote II y Paja**
- Ancho Salida I (As_2): 250
- Largo Salida (L_s): 300

$$Sd = Dp + As_2 + L_s + (Mc \times 3)$$

$$738,4 = 118,4 + 250 + 300 + (Mc \times 3)$$

$$Mc = 23,33 \text{ mm}$$

Teniendo una distancia de actuación del sensor de 12 mm se ubicará el sensor en la mitad del soporte, es decir a 59,2 mm de distancia tanto del saco como de la salida de impurezas.

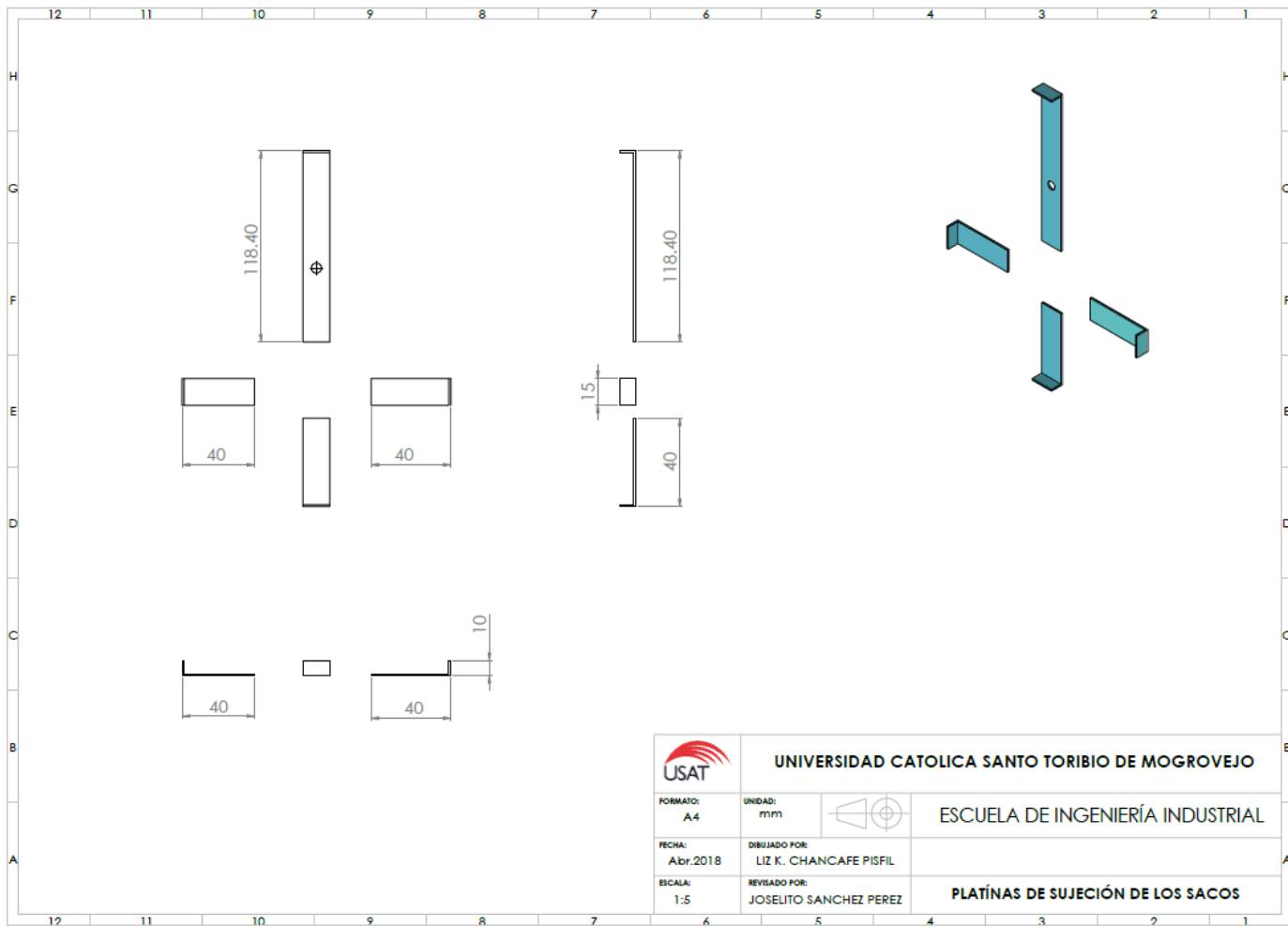


Figura 28: Dimensiones de los soportes o platíñas de saco de impurezas (Palote I y Polvillo)

Fuente: Elaboración Propia

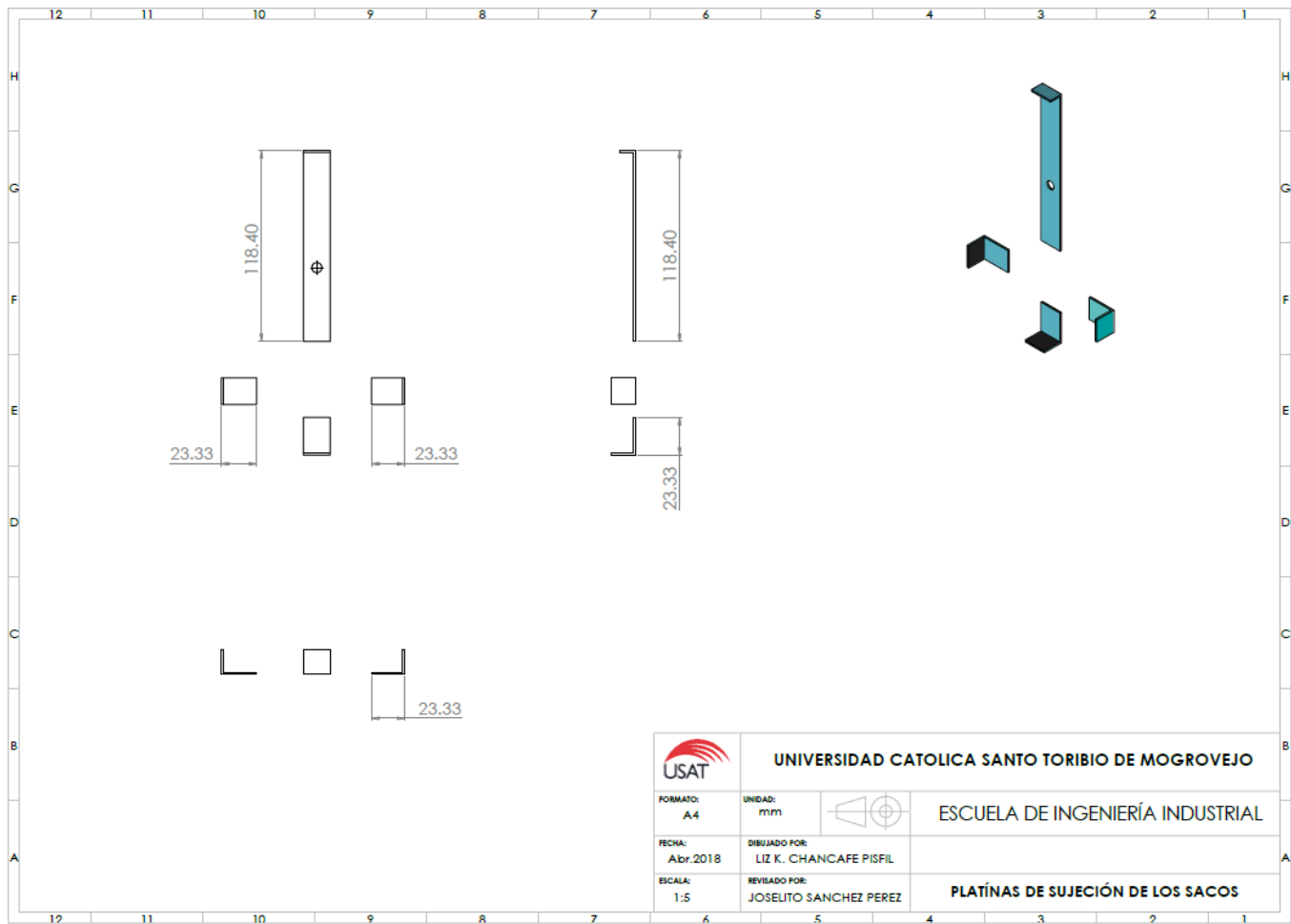


Figura 29: Dimensiones de los soportes o platinas de saco de impurezas (Palote II y Paja)
 Fuente: Elaboración Propia

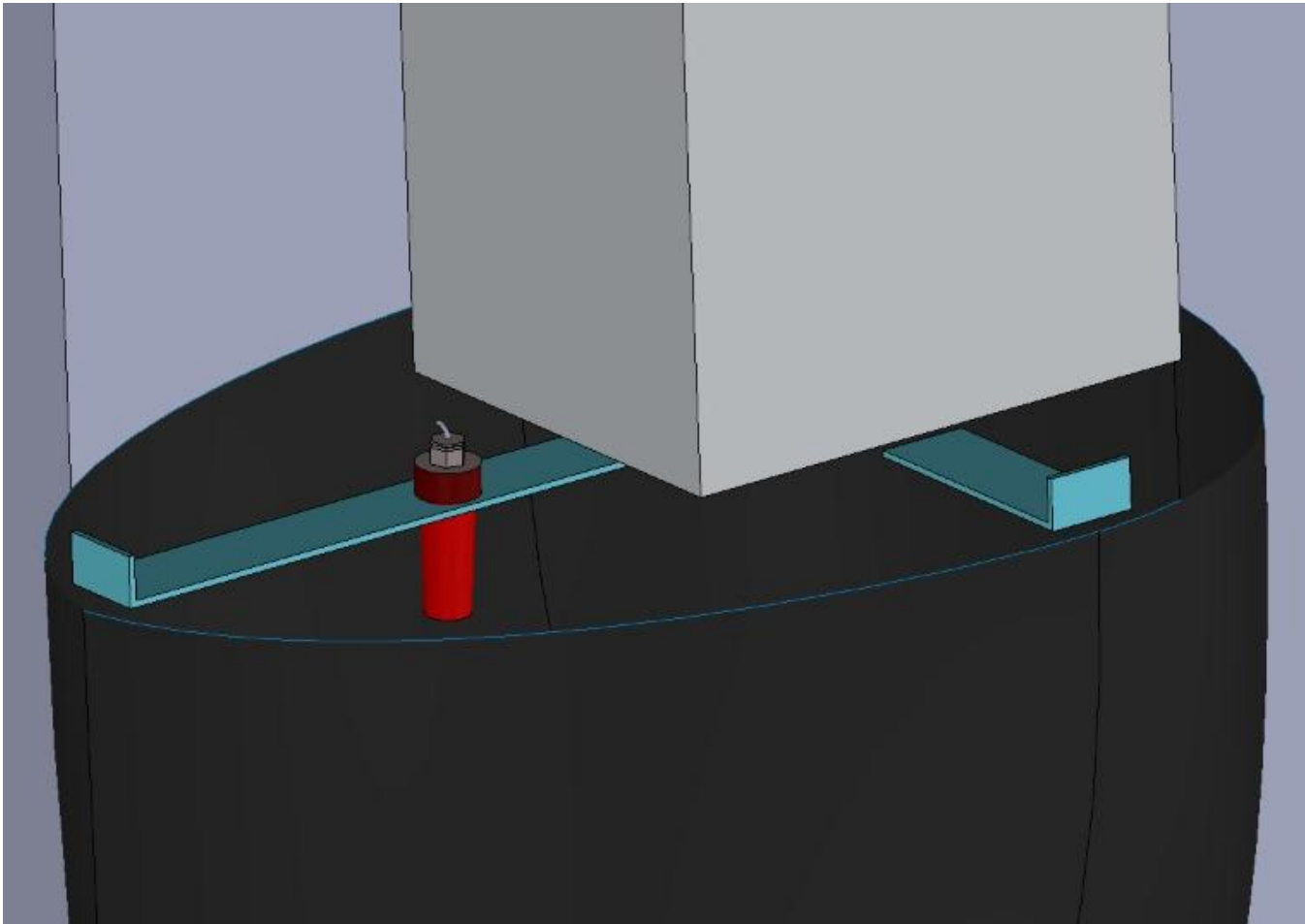


Figura 30: Ubicación de soportes y Sensores dentro del sistema
Fuente: Elaboración propia

La alarma será escogida por la compatibilidad con el módulo de sistema que tiene SoMachine por lo que se elige una alarma tipo XVR 3M04S



Figura 31: Alarma XVR 3M04S

Fuente: Schneider Electric

3.3.2. Sistema de panel de control

En el sistema de control se diseñará un panel que controlará los sensores y las alarmas por medio de un PLC tipo TM221CE24R que es compatible con la programación de SoMachine. Los componentes dentro del panel son:



Figura 32: Paro de emergencia XB5AS8442

Fuente: Schneider Electric

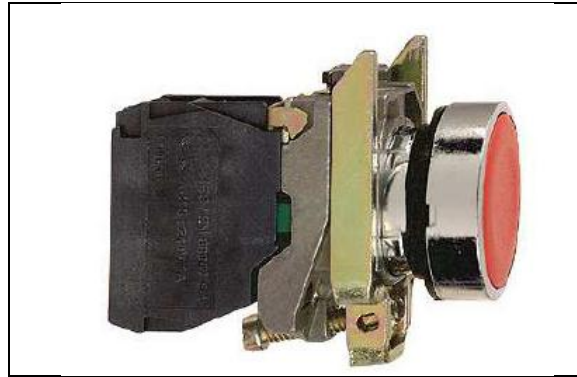


Figura 33: Pulsador rojo no luminoso XB4BA42
Fuente: Schneider Electric

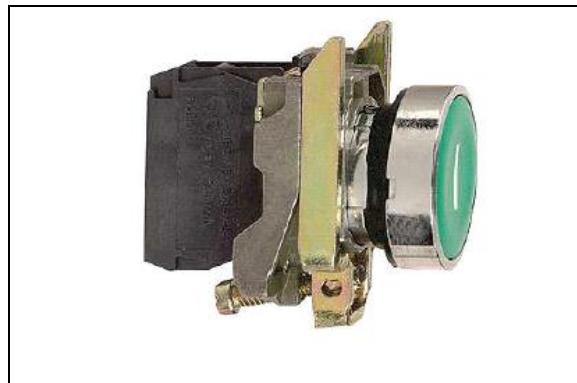


Figura 34: Pulsador verde no luminoso XB4BA31
Fuente: Schneider Electric

Estos tipos de pulsadores se encuentran en el catálogo de Schneider [28] y son compatibles con el PLC escogido



Figura 35: Piloto Verde XB5AVM3
Fuente: Schneider Electric



Figura 36: Piloto Rojo XB5AVM4
Fuente: Schneider Electric

- **Relé a escoger para sensor del Sistema propuesto**

Este tipo de relé se escogió debido a que las sondas capacitivas del sensor escogido para el sistema están diseñadas para trabajar con el relé PNAS/T como lo indica la ficha técnica del sensor (Anexo 12) así también son compatibles con los módulos de ampliación disponibles que ofrece SoMachine.



Figura 37: Relé PNAS/PNAT
Fuente: Catálogo Schneider

Product data sheet
Characteristics

TM221CE24R
controller M221 24 IO relay Ethernet



Main	
Range of product	Modicon M221
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Discrete input number	14 discrete input conforming to IEC 61131-2 Type 1 including 4 fast input
Analogue input number	2 at input range: 0...10 V
Discrete output type	Relay normally open
Discrete output number	10 relay

Figura 38: Características de PLC TM221CE24R
Fuente: Schneider Electric

Se elige el tipo de PLC TM221CE24R debido a que cuenta con 14 entradas y 10 salidas lo suficiente para las entradas y salidas propuestas (10 y 4 respectivamente), además de ser un controlador lógico compatible con SoMachine.

La figura 41 muestra la alimentación y la figura 42 muestra el circuito de control o salidas del PLC TM221CE24R

- **Guarda motor y contactor**

Se escogió un Guarda motor debido a que protege tanto al motor como a los cables por lo que ya no es necesario utilizar un relé ni un disyuntor.

Para seleccionar el Guarda motor se halla primero la intensidad nominal de corriente eléctrica que necesita nuestro motor mediante la siguiente fórmula:

Tabla 46: Fórmula eléctrica para motor trifásico

Dato deseado	Trifásico
Cuando el voltaje es conocido	$I_n = \frac{P \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\theta \times n}$

Fuente: Cime power systems (2013)

Conociendo el Voltaje o tensión del motor trifásico ($V = 380$ Voltios) por ser un motor de inducción de corriente alterna y el factor de potencia ($\text{Cos } \theta = 0,8$) así como la eficiencia del motor seleccionado ($n = 0,7$) se halla la intensidad nominal ($I_n =$ Amperios)

$$I_n = \frac{1.3 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8 \times 0.70}$$

$$I_n = 3.527 \text{ A}$$

Con la intensidad nominal hallada se puede conocer la amplitud entre el índice mínimo y máximo mediante las siguientes fórmulas:

$$I_{\text{min}} = I_n \times 0,8$$

$$I_{\text{min}} = 3,527 \times 0,8$$

$$I_{\text{min}} = 2,8$$

Luego el índice máximo es:

$$I_{\text{máx}} = \frac{I_n}{0,8}$$

$$I_{\text{máx}} = \frac{3,527}{0,8}$$

$$I_{\text{máx}} = 4$$

Por lo tanto, el Guardamotor a escoger debe estar en una amplitud de 2,5 y 4 que son los valores más próximos

Guardamotor magneto-térmico

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Coordinación Tipo 2

Referencia	HP 220V/440V	Regulación (A)	I Corte 415 V
GV2P05	0.25 / 0.5	0.63 - 1	>100KA
GV2P06	0.34 / 0.75	1 - 1.6	>100KA
GV2P07	0.5 / 1.5	1.6 - 2.5	>100KA
GV2P08	1 / 2	2.5 - 4	>100KA

Figura 39: Características de Guarda motores tipo 2 para pedidos

Fuente: Catálogo Schneider

En el catálogo de Schneider seleccionamos el Guarda motor de coordinación tipo 2 debido a que si falla se rearma y sigue funcionando asegurando la continuidad del servicio sin riesgo para el operador.

El contactor que elegimos debe ser al igual que el Guarda motor de Tipo 2 para motores trifásicos de jaula de ardilla, verificamos en el catálogo de Schneider electric que debe ser de curva AC3

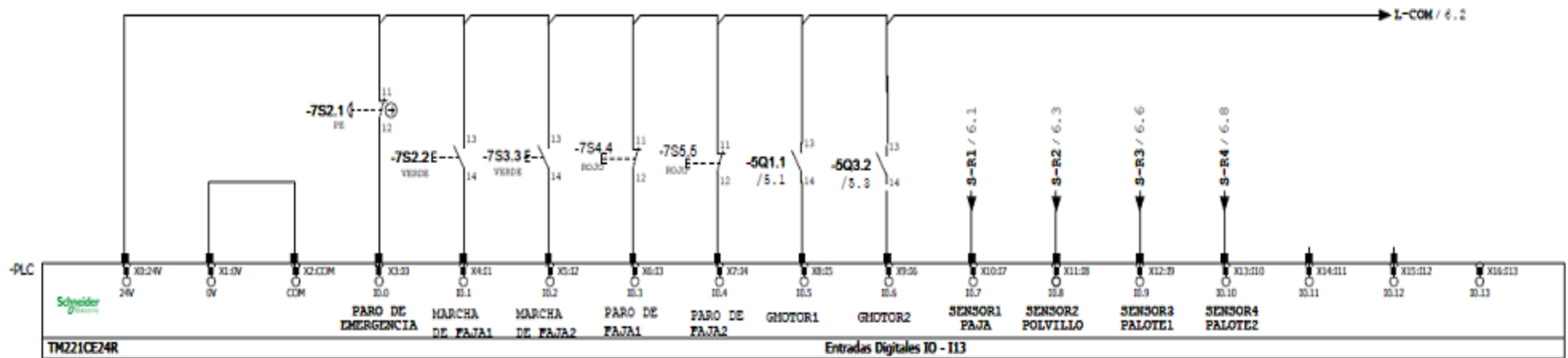


Figura 40: Contactores tipo 2 Tripolares LC1D09Q7.

Fuente: Catálogo Schneider

El contactor que verificamos en el catálogo de Schneider electric debe ser de curva AC3 para motores trifásicos de jaula de ardilla.

ALIMENTACIÓN DEL PLC TM221CE24R



7

9

 <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</p>	PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE PRE LIMPIEZA DE ARROZ PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MOLINERÍAS GRUPO RAM S.A.C.	Dibujado por : LIZ KATERYN CHANCAFE PISFIL Revisado por : ING. JOBELITO SANCHEZ PEREZ Aprobado por : ING. JOBELITO SANCHEZ PEREZ	CIRCUITOS ELÉCTRICOS PLANTA FECHA CREACION : 08/09/2017 FECHA MODIFICACION : 03/18	REVISIÓN : 02
	ENTRADAS DEL PLC TM221CE24R			

Figura 41: Alimentación del PLC TM221CE24R

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Entradas del sistema en el PLC TM221CE24R

Símbolo	Concepto
I0.0	Paro Emergencia
I0.1	Marcha Tornillo1
I0.2	Marcha Tornillo2
I0.3	Paro Tornillo1
I0.4	Paro Tornillo2
I0.5	Guardamotor1
I0.6	Guardamotor2
I0.7	Sensor 1 - Paja
I0.8	Sensor 2 - Polvillo
I0.9	Sensor 3 - Palote1
I0.10	Sensor 4 - Palote2

S: sensores

Q: conmutadores-desconectores

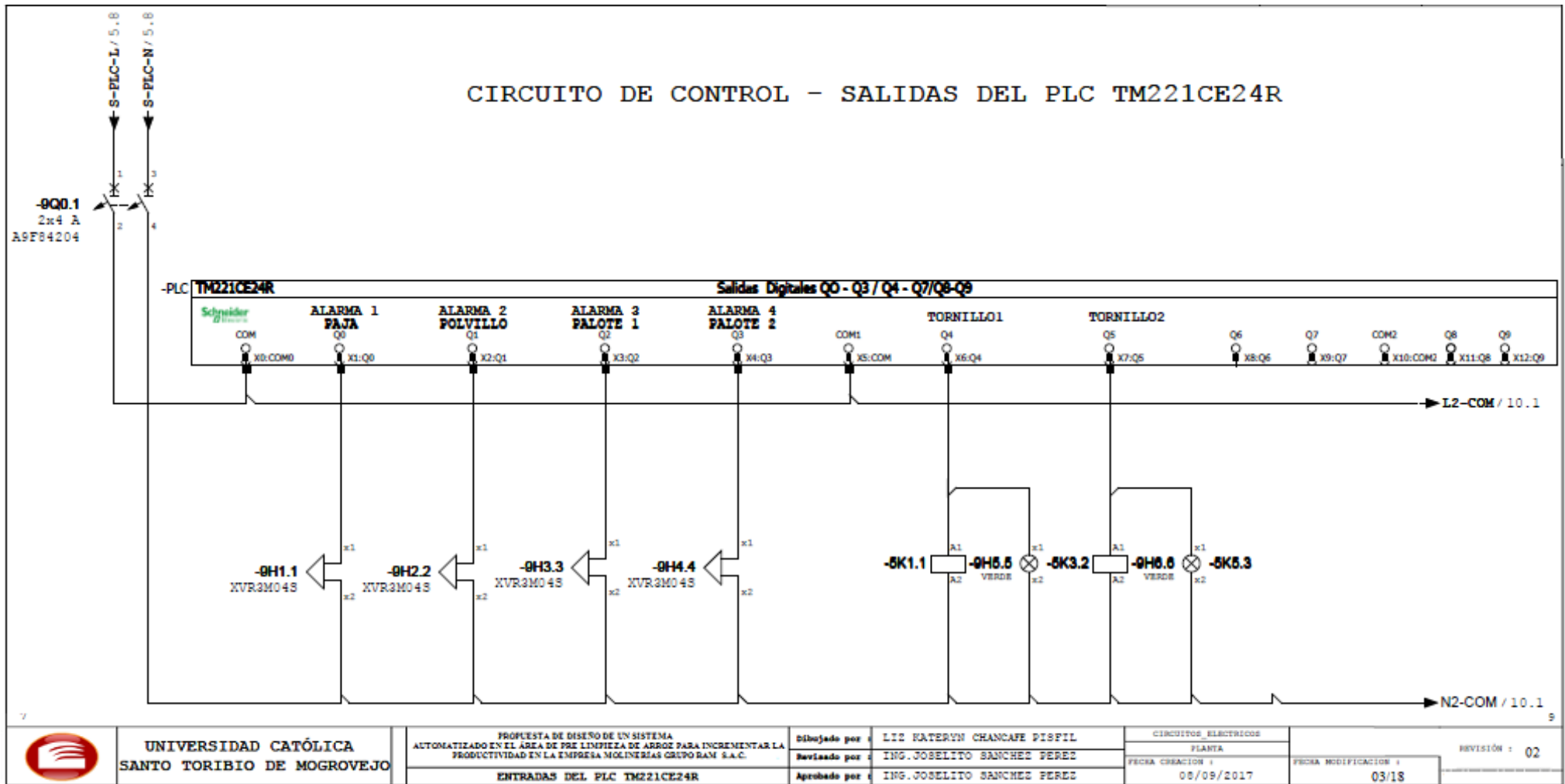


Figura 42: Salidas del PLC TM221CE24R

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Salidas del Sistema en el PLC TM221CE24R

Símbolo	Concepto
Q0.0	Alarma de Sensor - Paja1
Q0.1	Alarma de Sensor - Polvillo
Q0.2	Alarma de Sensor – Palote I
Q0.3	Alarma de Sensor – Palote II
Q0.4	Motor Tornillo1
Q0.5	Motor Tornillo2

H: Equipo de Señalización, indicadores acústicos y de luces

K: Bobinas

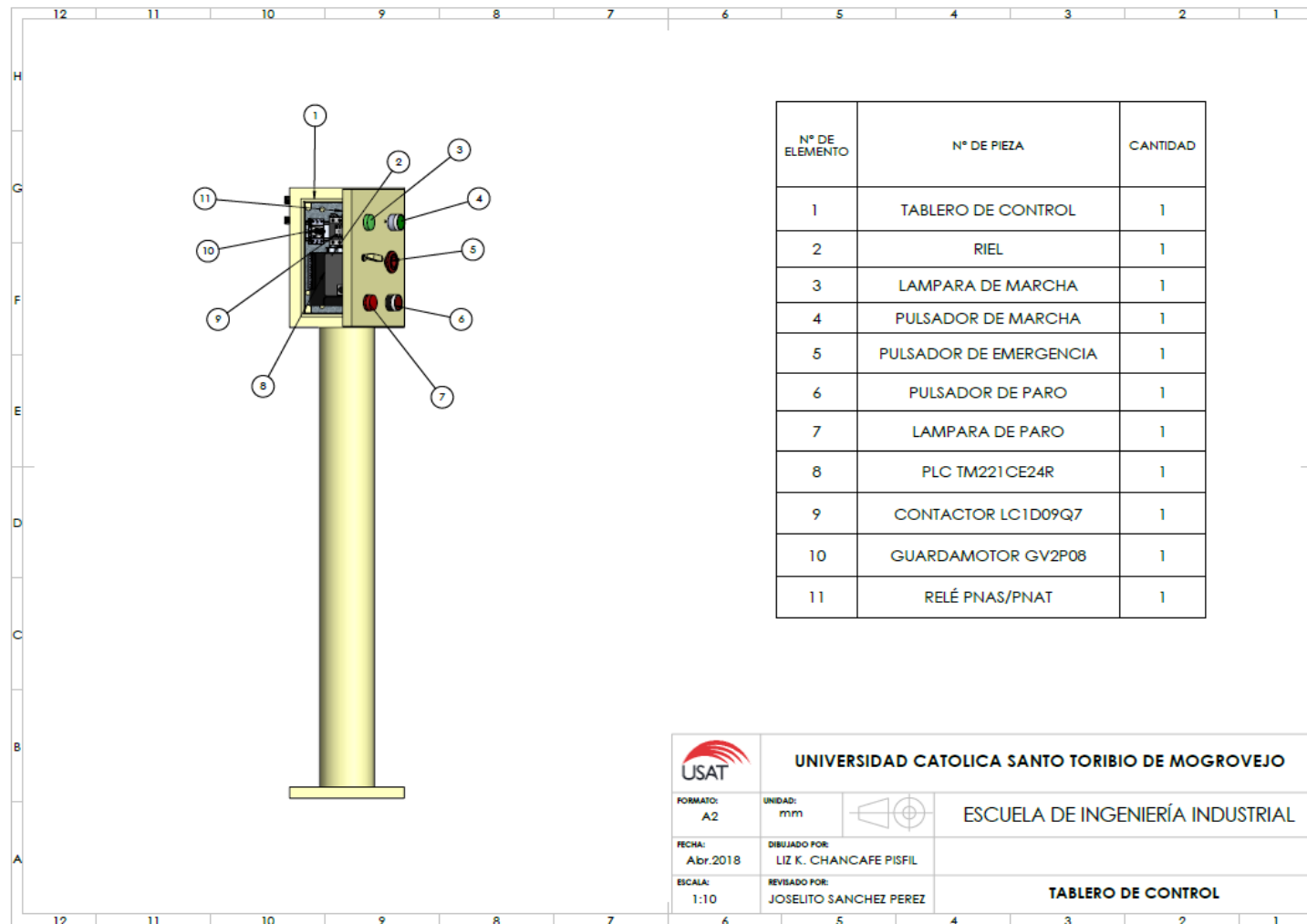
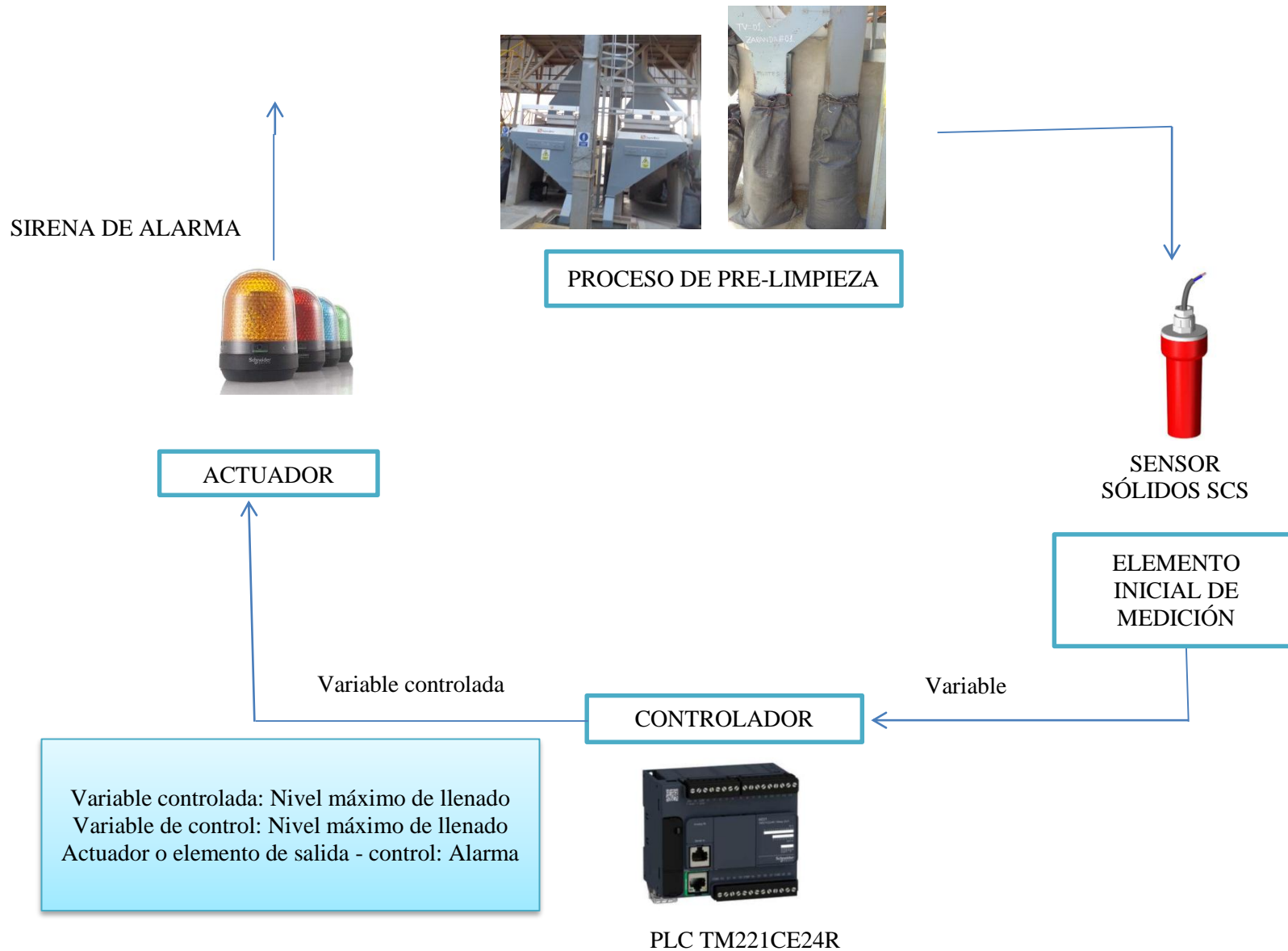


Figura 43: Tablero de control del sistema propuesto

Fuente: Elaboración propia

Figura 44: Funcionamiento del Diseño del sistema propuesto



- **Tipo de Sistema Propuesto - Abierto:** Del proceso de Pre-Limpieza, la parte propuesta a controlar es el llenado de sacos de impurezas (paja, palote, polvillo), siendo la única variable controlada en mi sistema el nivel máximo de llenado, el relé del sensor activa la alarma para controlar ese nivel máximo y se realice de forma inmediata la descarga manual por lo tanto es un sistema abierto ya que las salidas(alarmas) no tienen efecto directo sobre la señal o acción de control (Nivel máximo de llenado) sino que es el operario el que interviene para descargar y cargar un nuevo saco de impureza. Es decir, es de lazo abierto porque la salida no se mide ni se realimenta para compararla con la entrada, la salida del sistema de control (alarma) no tiene efecto sobre la señal o acción de control, cuando suena la alarma no se descargará automáticamente los sacos de impurezas, sino que habrá la intervención de la mano del hombre para descargarla.
- **Explicación básica del funcionamiento del circuito de control:** El sensor detecta el nivel máximo de arroz, la señal del sensor realiza el cambio de posición de los contactos del relé, por medio de los contactos del relé llega la señal a una de las entradas del PLC (controlador), debido a que los actuadores o sirena de alarma están conectados a la salida del PLC, éste va a encender o apagar la sirena de alarma, ésta alarma se mantendrá encendida mientras reciba la señal del sensor.

Los actuadores (alarmas) que se conectarán a los sensores funcionarán solamente los dos valores; encendido-apagado.

El controlador (PLC) recibe la señal que le llega del sensor capacitivo y envía una señal de control a los actuadores correspondientes (Alarmas); encendiendo (ON) o apagando (OFF) los actuadores que le correspondan al resultado de la comparación realizada de ahí tenemos el nombre del sistema de control que corresponde “control ON/OFF”. El controlador continúa con el mismo procedimiento señal del nivel de llenado y activación o desactivación de los actuadores (alarmas) correspondientes para una inmediata descarga de impurezas por parte del operario.

El nivel máximo depende de dos valores, el nivel máximo y del tiempo representado en la siguiente fórmula:

$$dN = \dot{m} * dt$$

$$N = \dot{m} \int dt.$$

Dónde:

N = Nivel máximo alcanzado

\dot{m} = flujo másico (constante)

t= tiempo

Es decir, a un determinado flujo másico a través de la salida de la zaranda en un tiempo determinado se alcanzará un nivel del saco lleno el cual será detectado por el sensor, cuya señal es enviada al PLC y éste ejecutará la orden del actuador (alarma)

3.3.3. Diseño del sistema automatizado para evitar la acumulación de impurezas de arroz dentro de las tolvas de zarandas en el área de pre limpieza.

De acuerdo a los datos obtenidos del diagnóstico por causas, se formula la propuesta de un sistema automatizado para evitar que las impurezas de arroz se acumulen dentro de tolvas como solución a las causas B1,C1,C2,C3.

El diseño del sistema automatizado del área de pre limpieza a proponer busca corregir los impactos negativos generados por desconocimiento de actividad de limpieza de impurezas, misma que representa un riesgo para el trabajador. Esta propuesta evitará que el operario realice dicha actividad peligrosa que involucra su seguridad.

Asimismo, buscará corregir los impactos por problemas en el diseño de máquina, bajo ritmo de producción y tiempos muertos de maquinaria

Para este diseño se diseñarán diferentes elementos que son:

- Tornillo de sinfín especial: Se busca retirar la rendija interna (movible) de la máquina para que permita el paso continuo de arroz (evitando acumulación de impureza dentro de la máquina) sin alterar la función que realiza esta rendija (evitar que el arroz pase aglomerado). Asimismo, busca que el trabajador labore sin riesgos en su seguridad

Para este diseño es necesario tener en cuenta los siguientes datos:

- Tipo y grosor máximo de material a transportar(Paja): 12,5 mm

A. Tornillo sinfín especial

Para la elaboración del tornillo especial se analizará primero las partes de un tornillo sinfín convencional y determinar qué características tendrá el tornillo propuesto

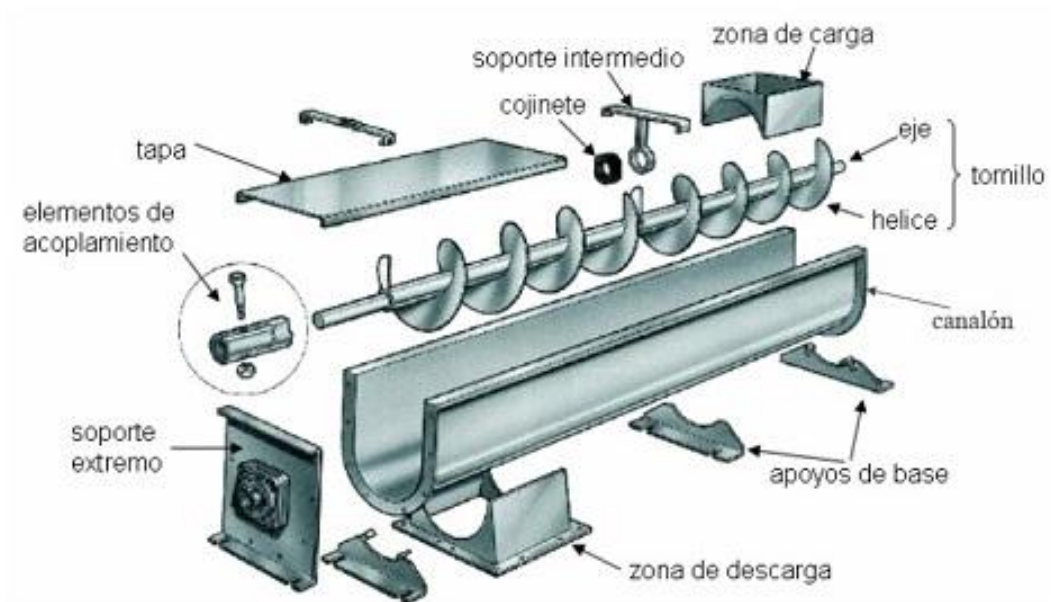


Figura 45: Partes de un tornillo convencional

Fuente: Vicente Díaz López. 2015

Los componentes básicos de un tornillo sinfín común, son los mostrados en la figura, para determinar los componentes del tornillo sinfín especial primero se determinará el tipo de hélice que tendrá según el tipo de material con el que trabajará.



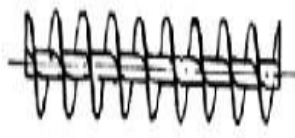

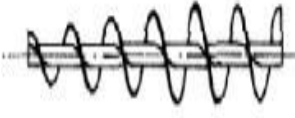
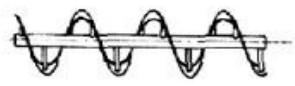
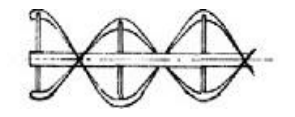
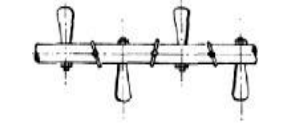
Tabla 49: Tipo de material

Tipo de material	Características
Material de Clase I	Materiales pulverulentos, no abrasivos y que fluyen fácilmente, por ejemplo; cebada, trigo, carbón en polvo, cal hidratada y pulverizada, malta, arroz y similares.
Materiales de Clase II	Se presentan en granos o pequeños tamaños, mezclados en polvo, son de naturaleza no abrasiva, que fluyen fácilmente. Como por ejemplo; Alumbre en polvo, haba de soja, granos de café, cacao y maíz.
Materiales de Clase III	Son semi-abrasivos de pequeño tamaño, mezclados con polvos, por ejemplo; Carbón vegetal, leche en polvo, sal, almidón, azúcar refinada, jabón pulverizado.
Materiales de Clase IV	Son materiales semi-abrasivos o abrasivos, granulares o pequeños tamaños en mezcla con polvos, aquí tenemos a la harina de huesos, Cemento, Arcilla, Azufre, Arena, Polvo de piedra caliza.
Materiales de Clase V	Son materiales abrasivos, troceados o en polvo, como pueden ser cenizas, hollines de conductos de humos, cuarzo pulverizado, arena silícea.

Fuente: Vicente Díaz López. España. 2015

En la Tabla 49 se muestran los diferentes tipos de materiales en la industria, según Vicente Díaz, 2015 se debe determinar el tipo de material que transportará el tornillo para determinar el tipo de hélice del tornillo sinfín a proponer. Este será una hélice continua debido a que éste se usa para el transporte de sólidos.

Tabla 50: Tipo de Hélice a escoger para el tornillo sinfín

Tipo de Hélice	Tipo de Material para Transportar / Aplicación	Figura
Hélice continua, de paso igual al diámetro	Tipo de hélice normal para transporte de sólidos. Material Clase I	
Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro	Se utiliza para productos que fluyen muy bien	
Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro	Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador	
Hélice de paso variable	Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.	
Hélice de diámetro variable	Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.	
Hélice de cinta	Tipo de hélice adecuada para productos que producen atascamiento.	
Hélice mezcladora, con dos hélices tipo cinta	Se utiliza como equipo mezclador	
Hélice mezcladora, con eje provisto de paletas	Se utiliza como equipo mezclador	

Fuente: Fuente: Vicente Díaz López. España. 2015

Para realizar los siguientes cálculos relacionados a la potencia del motor que se usará en el tornillo sinfín es necesario determinar la clase de material con la que se trabajará, es decir, la clase de material que es el arroz, perteneciendo a la Clase I.

- **Diámetro del tornillo**

Para determinar el diámetro del tornillo sinfín se toma en cuenta que su dimensión depende del tipo de material a transportar. Según [30] se tiene que:

El diámetro del tornillo será, al menos, 12 veces mayor que el tamaño de los pedazos a transportar del material homogéneo por su grosor y 4 veces mayor que el máximo de los trozos, al transportar material heterogéneo por su grosor.

Tabla 51: Medidas de Grosor de impurezas encontradas en el 2017 (mm)

Impureza	Grosor
Palote	12,5

Fuente: Elaboración propia

La impureza que se tomó en cuenta es la del Palote debido a su mayor tamaño comparado a la paja y polvillo, ésta fue medida con una regla milimetrada, ubicando el mayor grosor encontrado en cada mes en la tabla mostrada, teniendo como media máxima 12,5 mm.



Figura 46: Impureza (Paja)

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Debido a que la materia prima es el arroz, es considerado un material homogéneo, que tenemos:

$$\text{Diámetro del Tornillo} = 12,5 \times 12$$

$$\text{Diámetro del Tornillo} = 150 \text{ mm}$$

- **Paso del tornillo**

Para terminar el paso del tornillo se tomará como base el diámetro hallado

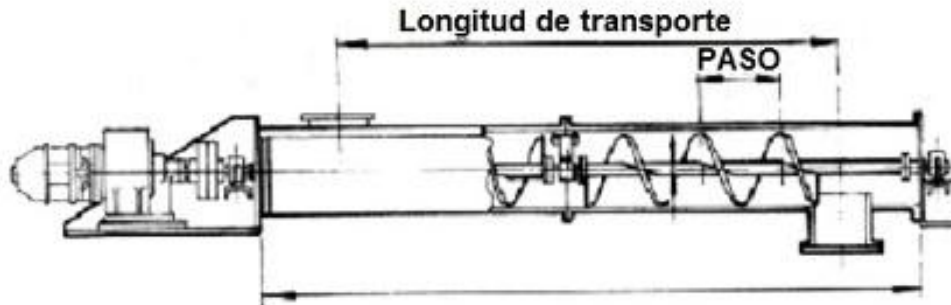


Figura 47: Paso del Tornillo

Fuente: Vicente Díaz López. España. 2015

La dimensión para el paso de los transportadores de tornillo suele estar comprendida entre 0,4 y 1 veces la medida del diámetro del mismo, siendo mayor cuanto más ligera sea la carga que se vaya a transportar con el tornillo.

En este caso tomaremos el primer valor considerando que el arroz es traído directamente de campo y es un material un poco pesado debido a su alto contenido de humedad, teniendo así que:

$$\text{Paso del Tornillo} = 150 * 0,4$$

$$\text{Paso del Tornillo} = 60 \text{ mm}$$

El paso del tornillo sinfín tendrá una dimensión de 60 mm, por lo tanto, con los datos hallados se realizará el diseño del tornillo mostrado en la siguiente figura:

Con las características halladas se procederá a realizar el diseño del tornillo sinfín en el programa SolidWorks.

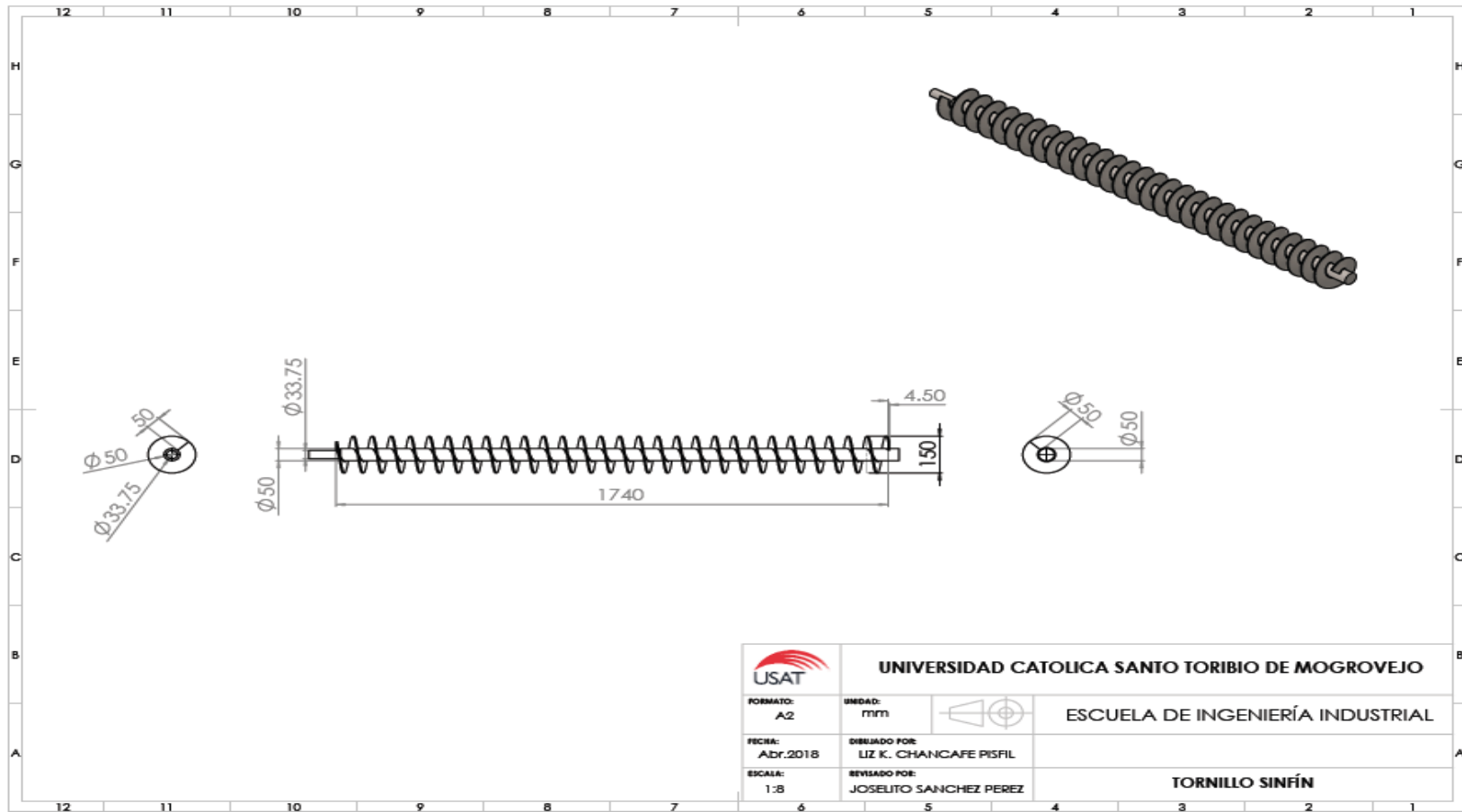


Figura 48: Tornillo sinfín
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52: Características del tornillo sinfín diseñado

Descripción	Característica	Unidad
Diámetro del tornillo	150	mm
Paso del tornillo	60	mm
Longitud	1740	mm
Diámetro del eje	50	mm
Número de pasos del tornillo	29	unidades
Material	Acero Inoxidable	-

Fuente: Elaboración Propia

B. Canalón

El canalón se diseñó de acuerdo a las medidas del tornillo sinfín diseñado, ya que su fin es simplemente direccionar el arroz hacia las zarandas con la ayuda del tornillo sinfín

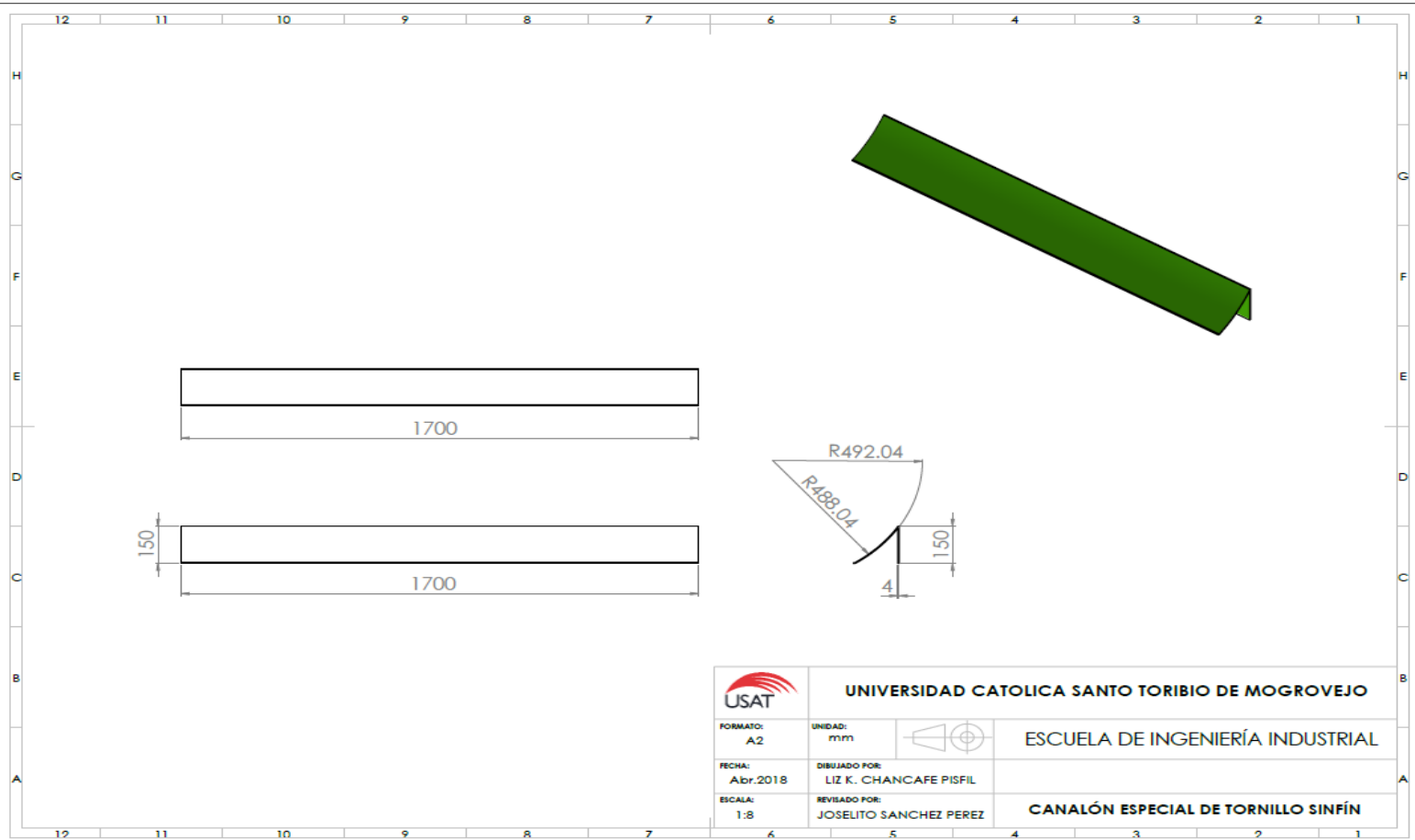


Figura 49: Canalón especial de Tornillo sinfín
Fuente: Propia

Tabla 53: Características del Canalón

Descripción	Característica	Unidad
Radio Externo	492,4	mm
Altura	150	mm
Longitud	1740	mm
Material	Acero Inoxidable	-

Fuente: Elaboración Propia

C. Protector de Tornillo sinfín

El protector de tornillo sinfín se diseñó con el fin de direccionar el arroz evitando que se desborde y pase a zarandas, evita que el polvo se disperse dentro del área y sirve como una medida de seguridad tanto del proceso como de los trabajadores dentro, como lo menciona [9] Automatizar también implica optimizar condiciones de seguridad, es por ello que se consideró un protector como una pieza importante dentro del diseño así como el de una Guarda de seguridad para los motores.

Tabla 54: Características del protector de tornillo sinfín

Descripción	Característica	Unidad
Profundidad	420	mm
Altura	310	mm
Longitud	1800	mm
Material	Acrílico de Impacto	-

Fuente: Elaboración propia

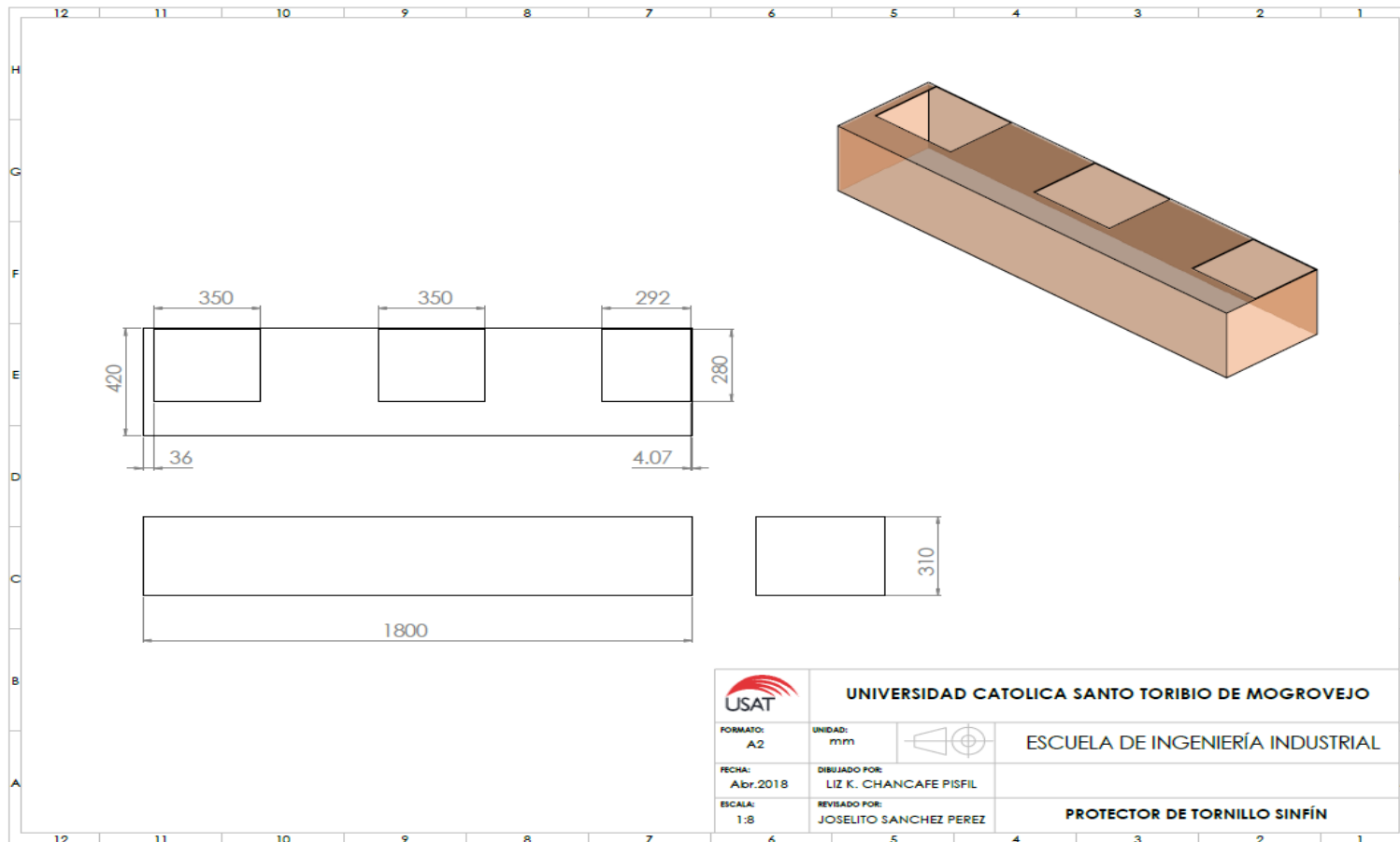


Figura 50: Protector de Tornillo sinfín
 Fuente: Elaboración propia

D. Motor para Tornillo sinfín:

Para Calcular las características del motor a elegir se calcula la velocidad de salida y potencia del mismo como se muestra a continuación

D.1 Velocidad de giro del tornillo

La velocidad de giro (n) de los transportadores de tornillo depende, entre otros factores, de la naturaleza del material a transportar.

En la siguiente tabla se indica la velocidad de giro recomendada para un transportador de tornillo en función de la clase de material y del diámetro del tornillo:

Tabla 55: Velocidad máxima según la clase de material (r.m.p)

Diámetro del tornillo (mm.)	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
100	180	120	90	70	30
200	160	110	80	65	30
300	140	100	70	60	25
400	120	90	60	55	25
500	100	80	50	50	25
600	90	75	45	45	25

Fuente: Fuente: Vicente Díaz López. España. 2015

Debido a que el diámetro del tornillo es de 150 mm, se toma el diámetro mayor aproximado que es de 200 mm conociendo de esta forma la velocidad máxima que tendrá el tornillo ($n=160$ rpm).

Este dato junto con el paso del tornillo ($p = 0,06$ m), nos permite conocer la velocidad de desplazamiento del transportador (v) que es la velocidad con la que desplaza el material en la dirección longitudinal del eje del tornillo.

La expresión que permite conocer la velocidad de desplazamiento en un transportador de tornillo es la siguiente:

$$v = \frac{p \times n}{60}$$
$$v = \frac{0,06 \times 160}{60}$$

$$v = 0,16 \text{ m/s}$$

Obteniendo la velocidad de desplazamiento ($v = 0,16 \text{ m/s} = 9,6 \text{ m/min}$) y el diámetro del tornillo ($d = 0,15$ o $r = 0,075$) podemos calcular la velocidad de salida en rpm:

$$\omega = \frac{v}{2\pi r}$$

$$\omega = \frac{9,6}{2 \times \pi \times 0,075}$$

$$\omega = 20,37 \text{ R. P. M.}$$

D.2 Potencia total de accionamiento

Para el cálculo de la potencia total (P) de accionamiento de un transportador de tornillo sinfín se deberá calcular previamente las necesidades de potencia de cada tipo y posteriormente sumarlas para el cálculo de la potencia total.

- **Potencia para el desplazamiento horizontal del material (P_H):**

Para calcular la potencia necesaria para realizar el desplazamiento horizontal es necesario conocer el flujo de material transportado ($Q = 17,17172 \text{ t/h}$), la longitud del tornillo ($L = 1,70 \text{ m}$) y el coeficiente de resistencia del material transportado ($c_0 = 1,2$) Ver Tabla 34.

Tabla 56: Coeficiente de Resistencia según material transportado

Tipo de material	Valor de c_0
Harina, serrín, productos granulados	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Fuente: Vicente Díaz López. España. 2015

Hallado mediante la siguiente expresión:

$$PH (kW) = c_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

$$PH (kW) = c_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

$$PH (kW) = 1,2 \times \frac{17,17172 \times 1,70}{367}$$

$$PH (kW) = 0,0945 \text{ Kw}$$

- **Potencia de accionamiento del tornillo en vacío (P_N):**

Para calcular la potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío es necesario conocer el diámetro de la sección del canalón de la carcasa del transportador ($D = 0,98408$ m) y la longitud del transportador ($L = 1,70$ m)

La potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$PN (kW) = \frac{D \times L}{20}$$

$$PN (kW) = \frac{D \times L}{20}$$

$$PN (kW) = \frac{0,98408 \times 1,70}{20}$$

$$PN (kW) = 0,0836468$$

- **Potencia para el caso de un tornillo sin fin inclinado (P_i):**

Es necesario conocer el flujo de material transportado (Q en t) la diferencia de cota (H) entre la posición de la boca de entrada del material y la boca de salida o de descarga y la altura de la instalación en m

Esta potencia se aplica para el caso que se use un transportador de tornillo inclinado, en este caso, la potencia necesaria para realizar el desplazamiento del material por un transportador de tornillo inclinado será cero, mediante la siguiente expresión:

$$Pi (kW) = \frac{Q \times H}{367}$$

$$Pi (kW) = 0$$

Finalmente, la potencia total (P) necesaria para el accionamiento de un transportador de tornillo resulta de la suma de las distintas necesidades de potencias calculadas anteriormente:

$$P(kW) = PH + PN + Pi$$

$$P(kW) = 0,09545 + 0,0836468 + 0$$

$$P(kW) = 0,179$$

La característica del motor a elegir debe ser de potencia igual a 0,179 kW y una velocidad de salida de 20,37 RPM

Datos para selección y pedidos (continuación)

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_S	Índice de reducción i_{tot}
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹			
0,18 (50 Hz)	D.38-LA71S6				
0,22 (60 Hz)	6,4	7,7	270	0,81	133,57
	D.38-LA71C4				
	7,1	8,5	241	0,91	191,75 ★
	8,0	9,6	214	1,0	170,24
	9,2	11,0	187	1,2	149,26 ★
	10,3	12,4	168	1,3	133,57
	11,6	13,9	149	1,5	118,55 ★
	13,2	15,8	130	1,7	103,89
	15,0	18,0	115	1,9	91,34 ★
	16,6	19,9	104	2,1	82,52
	D.28-LA71C4				
	10,4	12,5	166	0,84	132,35 ★
	12,4	14,9	139	1,0	110,86
	14,5	17,4	119	1,2	94,52 ★
	17,1	21	101	1,4	80,34 ★
	19,6	24	88	1,6	69,82
	22	26	76	1,8	60,77 ★

Figura 51: Características de motor trifásico-Jaula de ardilla para pedidos

Fuente: Catálogo Schneider

Buscando el motor, comercialmente se tiene una velocidad de salida de 21 que es el más cercano a la velocidad hallada (20,37 R.P.M.). Ésta velocidad de salida funciona con un motor cuya potencia es de 0,22 en este caso seleccionamos el motor cuyo índice de reducción es 80,34 por aproximación de datos.

Por lo tanto las características del motor a comprar será de potencia 0,22 kw o 220 watt y 21 RPM que son los valores más aproximados a los hallados, así como un reductor de Índice 80,34.

D.3 Ubicación del motor:

La ubicación del motor se colocó en la base de la zaranda para aprovechar el espacio, ya que si se coloca al costado de la zaranda ocupará parte del pasillo donde transitan los operarios, debido a esta ubicación se requerirá dos poleas de transmisión.

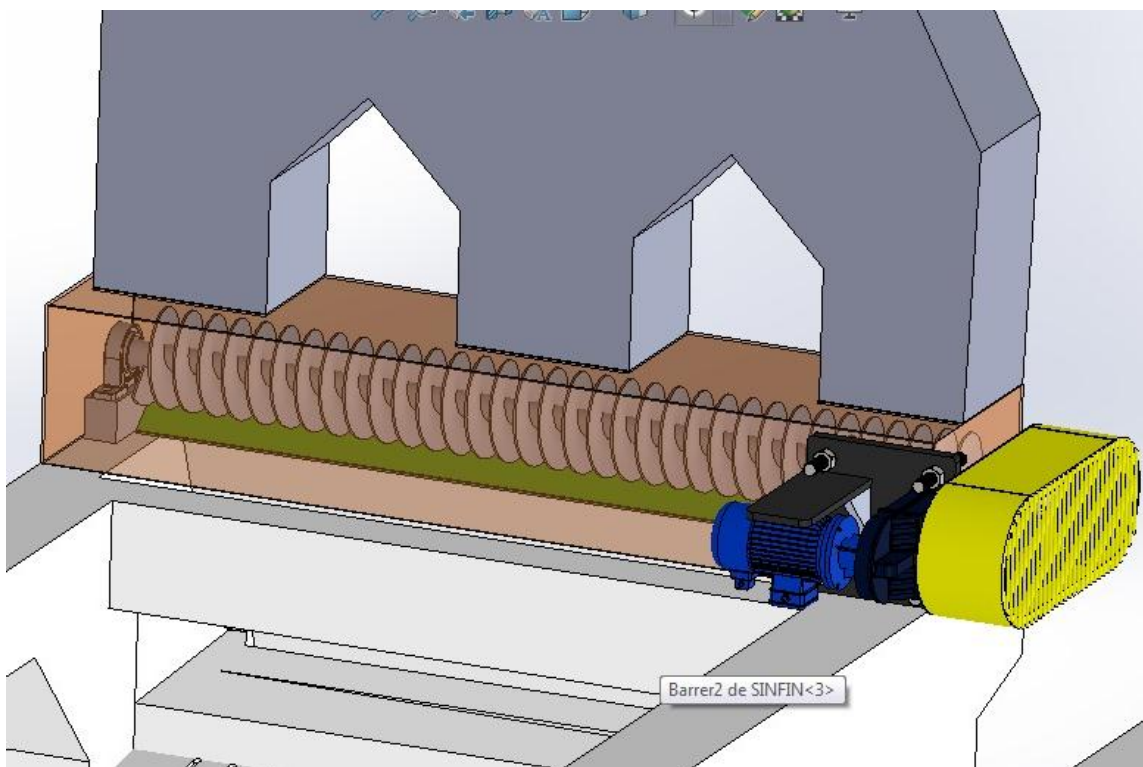
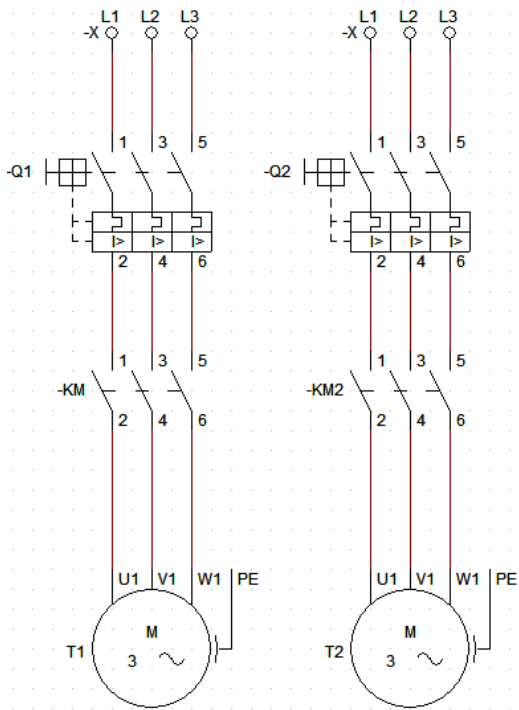


Figura 52: Ubicación de Tornillo sinfín y motor en la máquina

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 53 muestra el circuito de fuerza para el accionamiento de los dos motores.



Leyenda:
Q1: Guarda motor 1
Q2: Guarda motor 2
KM: Contactor electromagnético de Q1
KM2: Contactor electromagnético de Q2
T1: Motor de Faja transportadora 1
T2: Motor de Faja transportadora 2
KM: Contacto de pulsador de motor 1
KM2: Contacto de pulsador de motor 2

Figura 53: Circuito de Fuerza
Fuente: Elaboración propia

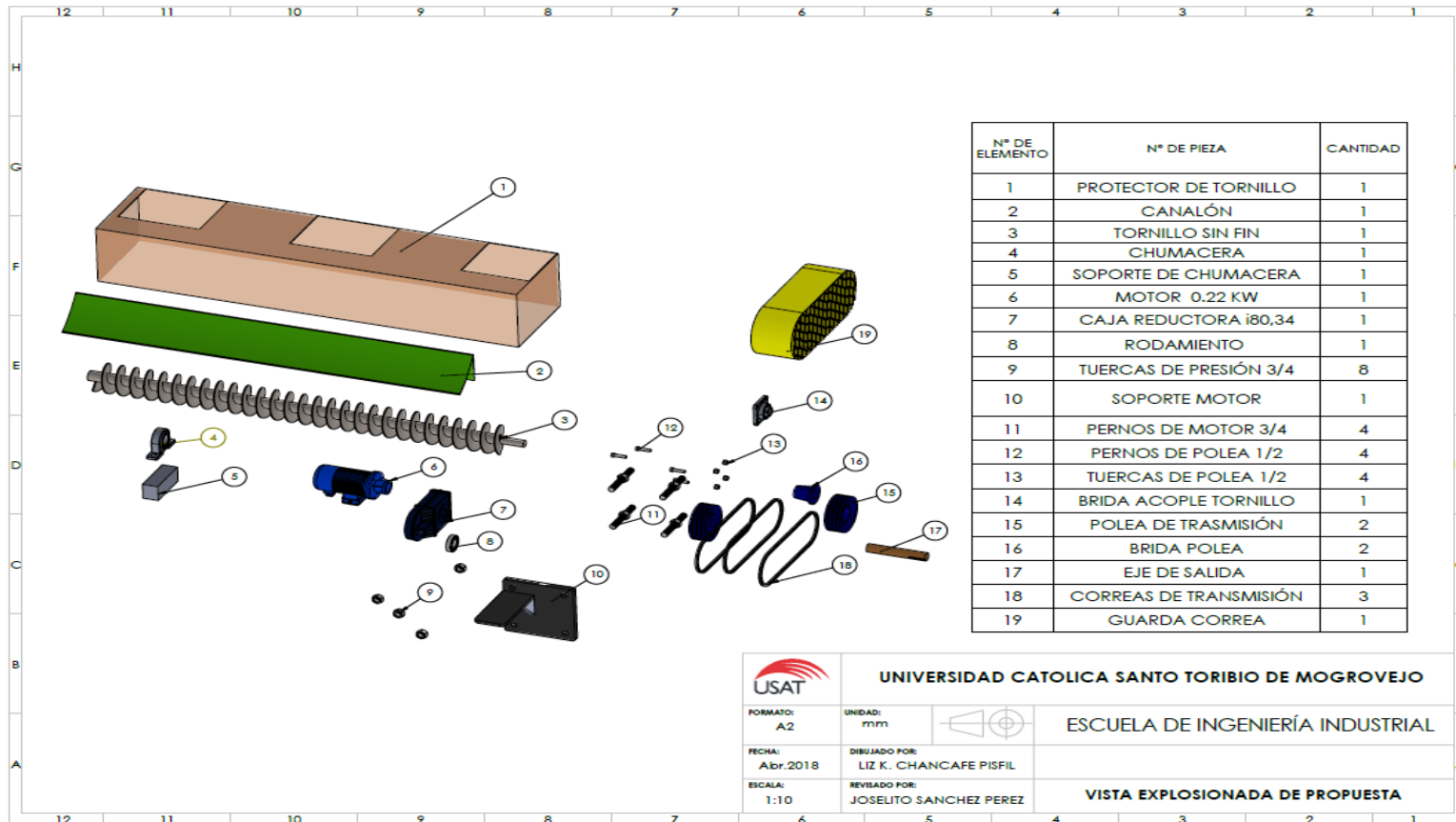


Figura 54: Partes del Diseño del tornillo sinfín especial propuesto

Fuente: Propia

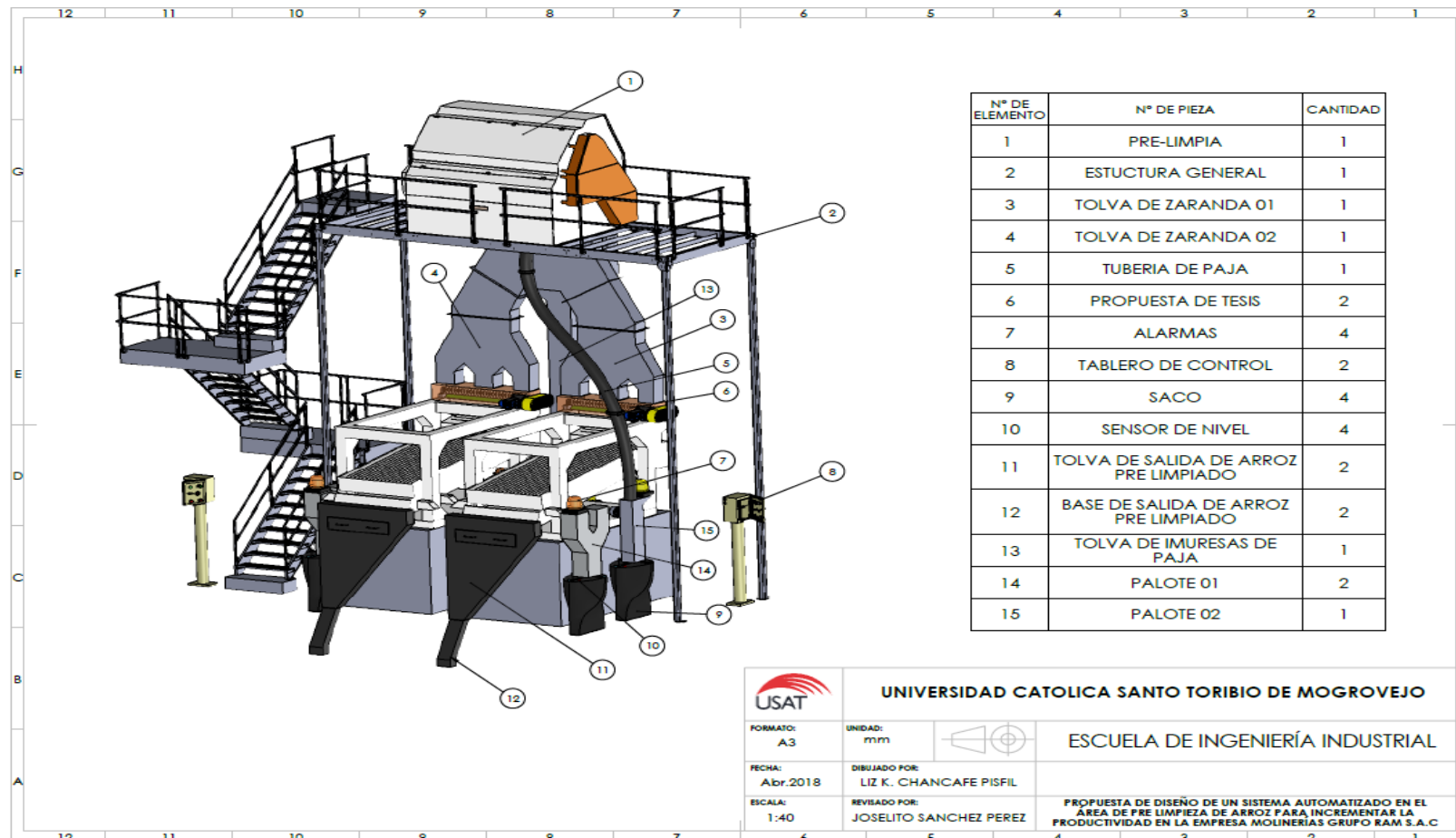


Figura 55: Diseño del sistema automatizado en el área de pre limpieza

Fuente: Elaboración Propia

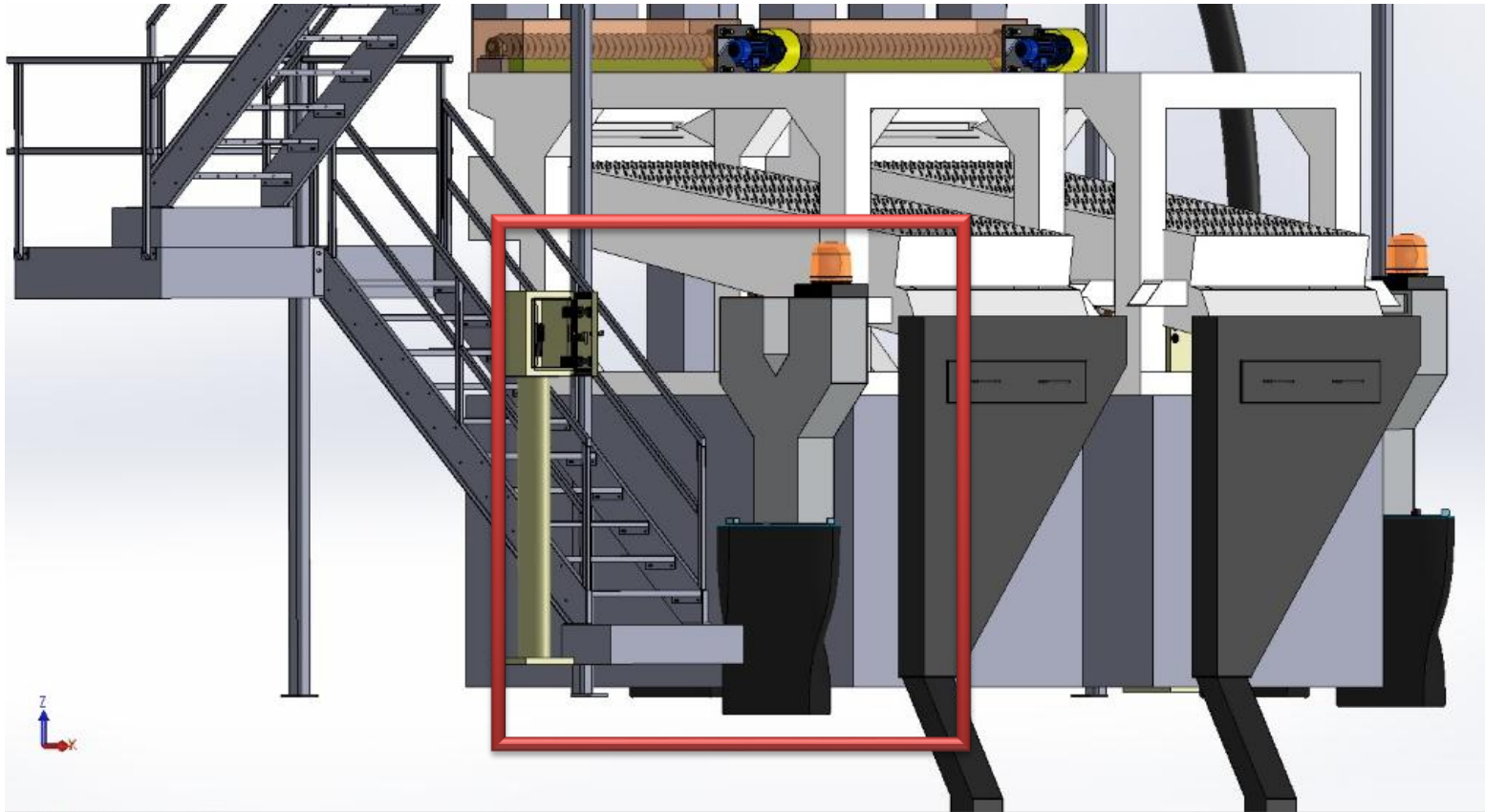


Figura 56: Ubicación de salida de impureza (Polvillo), su alarma y panel de control de motor I
Fuente: Elaboración propia

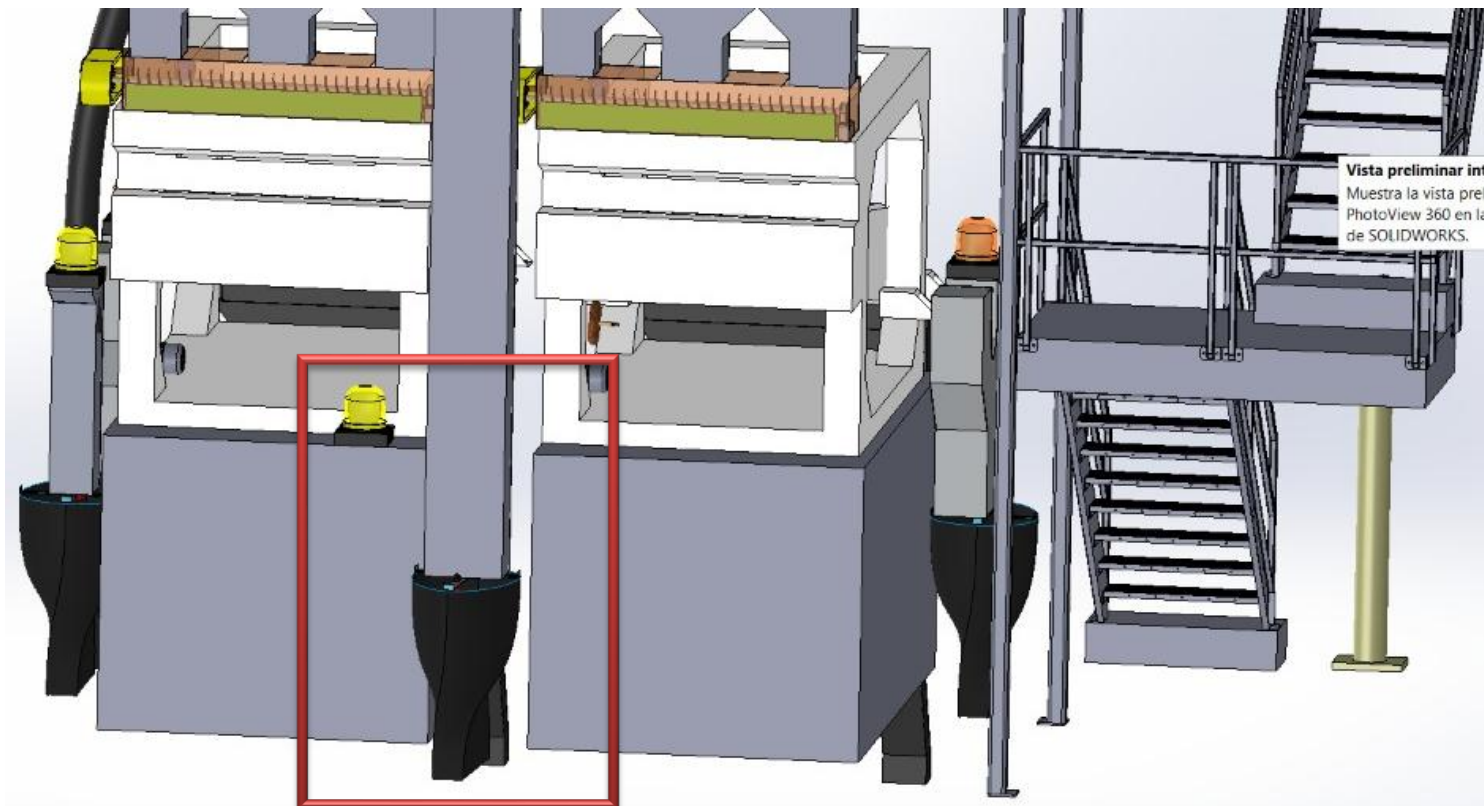


Figura 57: Ubicación de salida de impureza (Paja) y su alarma
Fuente: Elaboración propia

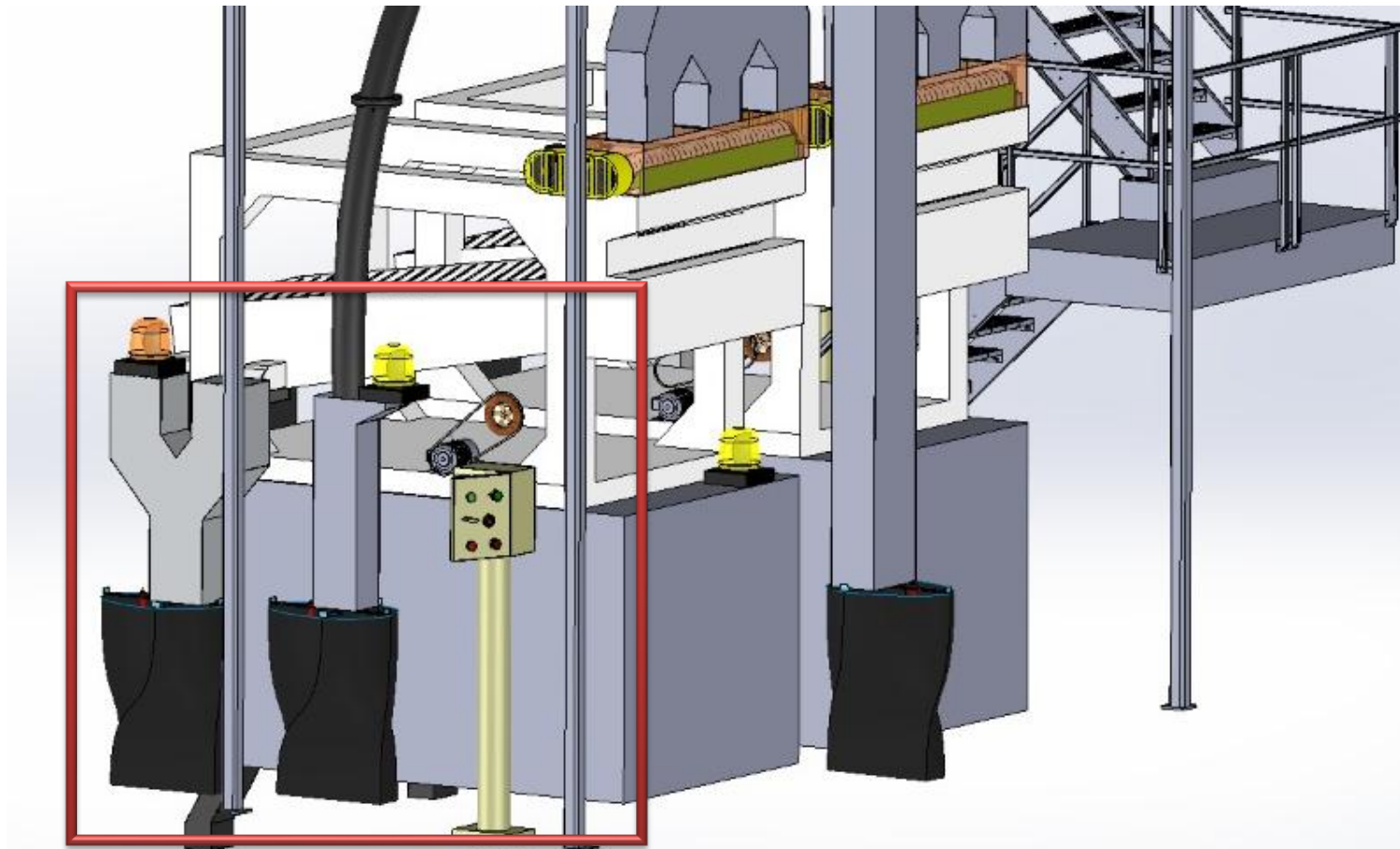


Figura 58: Ubicación de salidas de impureza (Palote I y Palote II), sus alarma y panel de control de motor II
Fuente: Elaboración propia

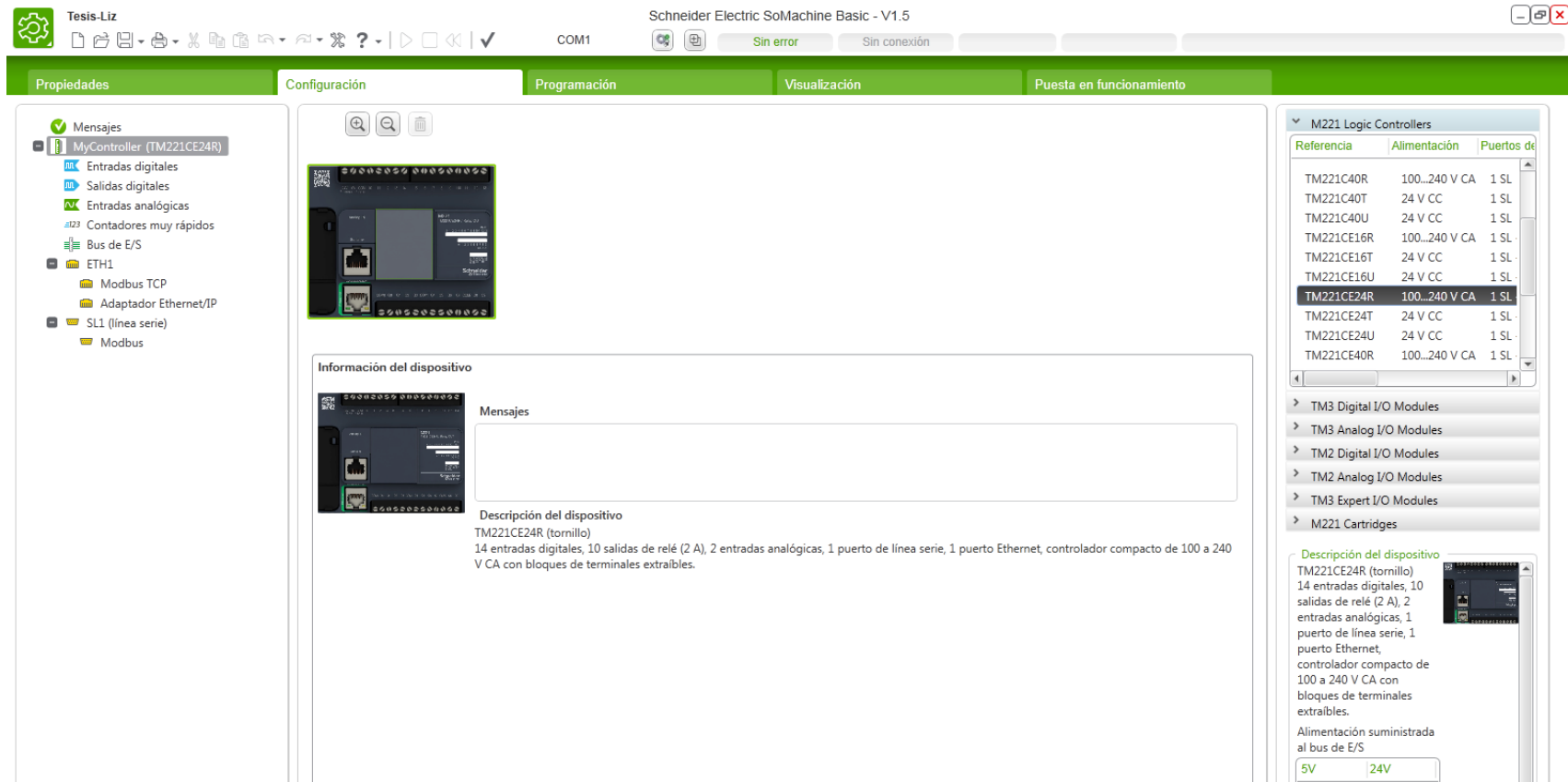




Figura 59: Simulación de la propuesta con Somachine (elección PLC)

Fuente: Elaboración propia

Al iniciar el simulador, se escoge el PLC (TM221CE24R) elegido anteriormente, luego se procede a iniciar simulador y controlador obteniendo así el simulador listo para funcionar como lo muestra la siguiente figura:

Propiedades | Configuración | Programación | Visualización | Puesta en funcionamiento




Puesta en funcionamiento
 Conectar
 Actualización del controlador
 Gestión de la memoria
 Información del controlador
 Gestión de RTC

Dispositivos locales  

COM1

Guardar los parámetros del controlador Modbus

ID de unidad

Dispositivos Ethernet   

Búsqueda remota
 Introduzca una URL o una dirección IP

Resultado de la búsqueda :

	Referencia	Firmware
Controlador	TM221CE24R	1.5.0.0

Las aplicaciones del PC y el controlador son idénticas
 Se ha establecido la conexión

	PWR	IN	OUT	ANA	CART 1
TM221CE24R	0	8	0	8	
	1	9	1	9	
	2	10	2		
	3	11	3		
	4	12	4		
	5	13	5		
	6		6		
	7		7		
	ERR			0 0	
	STAT			1 0	

Figura 60: Simulación de la propuesta con Somachine (visualización de controlador)

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Entradas y Salidas del Sistema

Entradas		Salidas	
I0.0	Paro Emergencia	Q0.0	Alarma de SensorPaja1
I0.1	Marcha Tornillo1	Q0.1	Alarma de SensorPolvillo
I0.2	Marcha Tornillo2	Q0.2	Alarma de SensorPalote1
I0.3	Paro Tornillo1	Q0.3	Alarma de SensorPalote2
I0.4	Paro Tornillo2	Q0.4	Motor Tornillo1
I0.5	Guardamotor1	Q0.5	Motor Tornillo2
I0.6	Guardamotor2		
I0.7	Sensor 1 - Paja		
I0.8	Sensor 2 - Polvillo		
I0.9	Sensor 3 - Palote1		
I0.10	Sensor 4 – Palote2		

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente el somachine mostrará una ventana donde se encuentran las entradas y salidas de mi sistema, pulsando 0(Paro) la corriente empieza a fluir haciendo que mediante los pulsadores : 3 (Paro de Tornillo1), 4(Paro Tornillo2), 5(Guardamotor 1), 6 (Guardamotor 2) el motor del Tornillo1 y Tornillo2 empiecen a funcionar solo presionando 1(marcha de Tornillo 1) y 2 (marcha del Tornillo 2), realizando que mis salidas se activen es decir , Q0.4 (Motor Tornillo 1), Q0.5(Motor Tornillo 2) como lo muestra la siguiente figura:

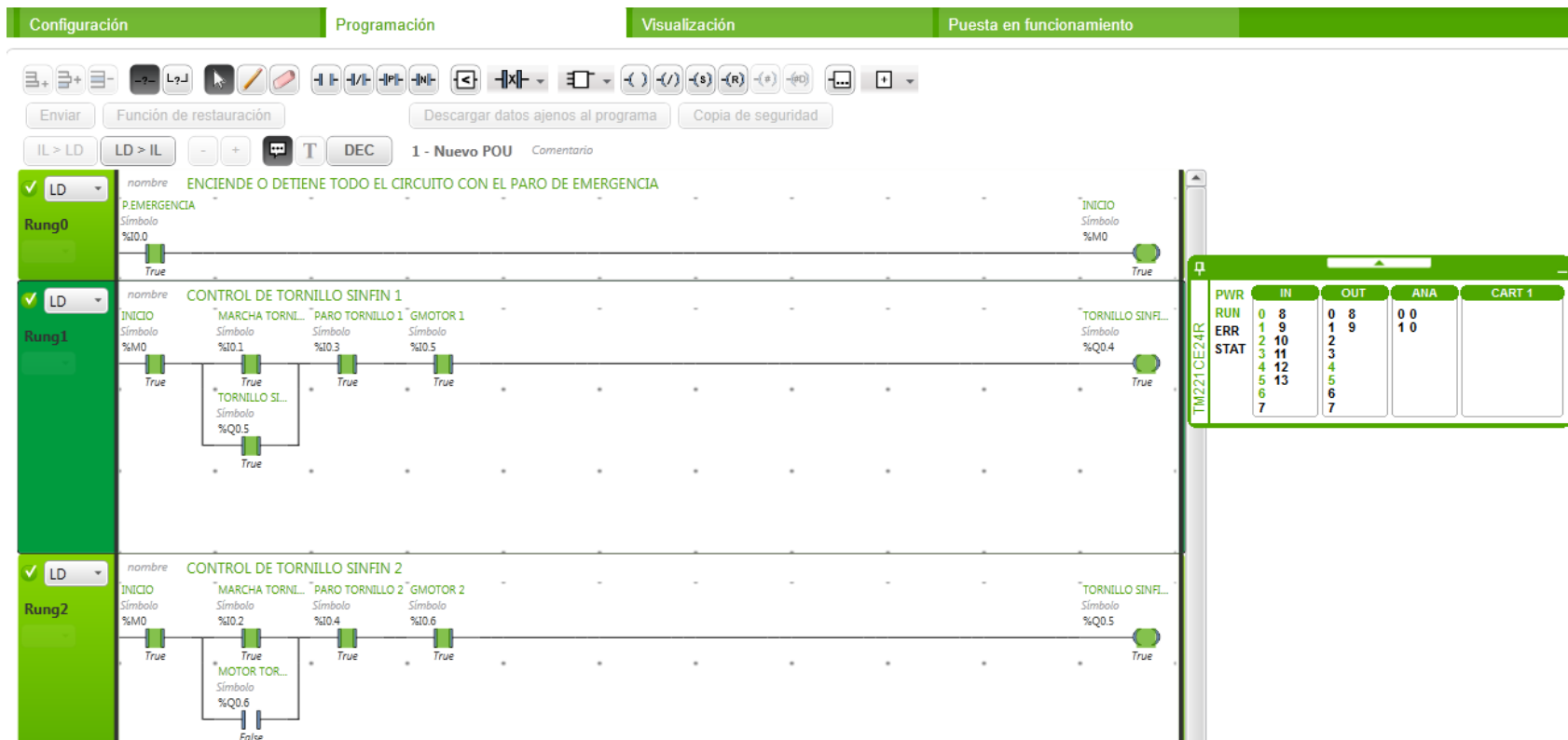


Figura 61: Simulación de la propuesta con SoMachine (visualización de activación de motores)

Fuente: Elaboración propia

Cuando el llenado de sacos se haya realizado y se activen cualquiera de los sensores (I0.7 al I0.10) es decir pulsando, 7,8,9,10 se activarán las alarmas (Q0.0 al Q0.3) como lo muestra la siguiente figura:



Figura 62: Simulación de la propuesta con SoMachine (Visualización de activación de alarmas)

Fuente: Elaboración propia

Las alarmas se muestran activas o en funcionamiento y se desactivarán cuando los sensores ya no detecten señal, lo que en el simulador sería pulsando las entradas (IN) 7,8,9,10.

La Tabla 57 muestra la comparación entre indicadores actuales y los indicadores después de la propuesta:

Tabla 57: Comparación de indicadores de la propuesta

Causa	Indicador Actual	Indicador Propuesto
A.1: Falta de control	Sacos no producidos: 1 570 sacos/mes	0
B.1:Desconocimiento de la actividad, limpieza de impurezas	Flm : 420 veces	No sería necesario realizar limpieza manual a maquinaria
C.1: Problemas en el diseño	Safc: 1 555 sacos no producidos al mes	0
C. 2: Bajo ritmo de producción	Safb: 9 468 sacos no producidos al mes	0
C.3: Tiempos muertos de maquinaria	21,5 h/mes	0
Baja productividad de materia prima	66,65%	91,04% *

Fuente: Elaboración propia

(*) La productividad respecto a la materia prima se halla en base a la capacidad efectiva o real y muestra la relación que existe entre la cantidad de materia prima empleada en este caso 4 039 200 kg de arroz para almacenar 3 641 400 kg de arroz húmedo en los 4 silos obteniendo como resultado 91,04 % como lo muestra la tabla 57

Conociendo la capacidad efectiva o real ($C_e = 4,769 \text{ kg/s}$) como dato de la empresa (pág. 47) se calcula la cantidad de almacenamiento propuesto en los silos de almacenamiento al mes (30 días)

$$C_e = \frac{4,769 \text{ kg}}{s} \times 3600s \times 7h \times 30 \text{ días}$$

$$C_e = 3\ 605\ 364 \text{ kg}$$

Tabla 58: Capacidades promedio al mes

	Cantidad de arroz descargado y utilizado de las piscinas de almacenamiento.	Cantidad de Almacenamiento Propuesto de arroz húmedo en silos de almacenamiento de arroz húmedo	Porcentaje de impureza que botan las zarandas (1%)
Promedio al mes	3 960 000	3 605 364	36 060,61

Fuente: Datos de la empresa

La productividad de materia prima (Pmp) es:

$$Pmp(\%) = \frac{\text{Arroz propuesto en silos} \times 100}{\text{Arroz en piscinas de almacenamiento}}$$

$$\text{Productividad}(\%) = \frac{3\,605\,364 \times 100}{3960000}$$

$$\text{Productividad}(\%) = 91,04\%$$

Como observamos en la tabla los indicadores actuales con los propuestos han incrementado considerablemente lo que indicaría beneficios para la empresa si se implantara la propuesta

3.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Para el sistema propuesto tenemos el siguiente presupuesto o costos necesarios para el sistema tangibles como intangibles. También se detalla posteriormente la depreciación de cada uno de los equipos propuestos.

Los costos de energía eléctrica que consume el sistema propuesto son hallados por mes y posteriormente anualizados, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 59: Costo de energía eléctrica mensual de la propuesta

Costos de Electricidad	Característica	Cantidad de equipos que consumen energía eléctrica	Tiempo encendido (horas/mes)	Potencia (watt)	Costo por watt/h(S/.)	Costo energía mensual (S/.)
Tornillo sinfín especial						
Motor del tornillo sinfín		2	210	220	0,00039*	18,018
Guardamotor Magno-Térmico GV2P08	2,5 – 4 A 60 Hz	2	210	1520	0,00039	124,488
Contactores del tornillo (1NA+1NC)	LC1D09Q7		210	3420	0,00039	280,098
Tablero de control						
Pulsador de emergencia	XB5AS8442	1	210	520	0,00039	42,588
Pulsador de marcha no luminoso para tornillo	XB4BA31	2	210	720	0,00039	58,968
Pulsador de pare no luminoso para tornillo	XB4BA42	2	210	720	0,00039	58,968
PLC	TM221CE24R	1	210	480	0,00039	39,312
Piloto de marcha	XB5AVM3	2	210	3,36	0,00039	0,2752
Piloto de pare	XB5AVM4	2	210	3,36	0,00039	0,2752
Sistema de Sensores y alarmas						
Relé de sensor	PNAS/PNAT Capacitivo	4	210	0,36	0,00039	0,029
Total del sistema propuesto						623,020
ÁREA PILADO Y SELLADO						
Pilado		4	21,5	320 000**	0,00039	10732,8
Ensacado y sellado		4	21,5	320 000	0,00039	10732,8
Total						22088,620

Fuente: Elaboración propia.

(*) La Potencia consumida (Pc) por cada uno de los elementos del sistema automatizado propuesto es hallada mediante la fórmula de la potencia en watt que es $Pc(\text{watt}) = \text{Voltaje}(V) * \text{Intensidad}(A)$, los datos de Voltaje e intensidad que se obtienen de cada elemento seleccionado se obtiene de cada ficha técnica del catálogo Scheider que se encuentra en anexos.

(**) Dato proporcionado por la empresa

El análisis Costo beneficio se realiza anualmente debido a que la implementación del sistema propuesto sería al contado. El beneficio en este caso es el monto que la empresa tiene como impacto económico en pérdida según las causas que se determinaron y que han sido solucionadas

La depreciación se calculó con la suma en soles del costo de adquisición de los equipos entre los años de vida útil según criterio consultado del fabricante o vendedor.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo de adquisición}}{\text{Años de vida útil}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{17\,645,22}{10}$$

$$\text{Depreciación anual} = 1\,764,522$$

Tabla 60: Costo de Instalar el proyecto

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo por unidad (S/.)	Subtotal (S/.)
Tornillo sinfín especial				
Motor del tornillo	220 watt	2	700	1400
Caja Reductora de velocidad del motor i80,34		2	300	600
Chumacera		2	30	60
Soporte de Chumacera de acero		2	10	20
Rodamiento		2	2	4
Tuercas de presión 3/4		16	0.5	8
Soporte de motor		2	10	20
Pernos de motor 3/4		8	2	16
Pernos de Polea 1/2		8	1	8
Tuercas de Polea 1/2		8	0,5	4
Protector para tornillo sinfín (cuadrado transparente)		2	44,5	89
Brida Acople de Tornilo		2	12	24
Polea de Transmisión		4	34	136
Brida de Polea		4	7	28
Eje de Salida		2	15	30
Correas de Transmisión		6	44	264
Guardamotor Magno-Térmico	2,5 – 4 A	2	294	588
	60 Hz			
Contactores del tornillo (INA+INC)	LC1D09M7	2	407	814
Tornillo sinfín		2	500	1 000
Canalón especial de Tornillo sinfín	m (Lxaxh)	2	160	320
Guarda para Correa de tornillo sinfín		2	306,31	612,62
Tablero de control				
Tablero		2	376,5	753

Pulsador de emergencia	XB5AS8442	1	28,2	28,2
Pulsador de marcha no luminoso para tornillo	XB4BA31	2	24,5	49
Pulsador de pare no luminoso para tornillo	XB4BA42	2	24,5	49
PLC TM221CE24R		2	1800	3600
Lámpara de marcha		2	50	100
Lámpara de pare		2	50	100
Riel		2	300	600
Sistema de Sensores y alarmas				
Sensores	Capacitivos	4	553	2 212
	SCS - 35			
Alarma y base de alarmas	XVR3M04S	4	757,1	3 028,4
Relé	PNAS/PNAT Capacitivo	4	270	1 080
Total costo equipos				17 645,22
Otros				
Costo de instalar el sistema automatizado				4 000
Depreciación				1 764,522
Mantenimiento				600
Capacitación del funcionamiento de la propuesta al personal*				619
Costo de energía eléctrica consumida por la propuesta				265 063,43
Otros imprevistos (5%)				14 263,65
Total				303 955,8386

(*) El operario estará a cargo de controlar el área de pre limpieza de arroz, así como también otra persona que lo reemplace ante cualquier eventualidad, ambos deben estar capacitados en el manejo de PLC y SoMachine para que sean capaces de afrontar cualquier problema relacionado al funcionamiento del sistema automatizado de pre limpieza.

Actualmente SENATI brinda el curso “PLC: Programación y aplicaciones con SoMachine” con una duración de 30 horas en la ciudad de Chiclayo en horario de Domingo 14:00 a 20:00 y una inversión de S/. 309,5 por persona considerando 2 personas a capacitar, el operario y su reemplazo.

Los beneficios son anualizados teniendo en cuenta que la empresa labora los 12 meses del año, como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 61: Beneficio Costo de la propuesta

Causa	Impacto Económico
A.1: Falta de control	S/. 108 141,6
B.1: Desconocimiento de la actividad, limpieza de impurezas	S/. 107 108,4
C.1: Problemas en el diseño	
C.2: Bajo ritmo de producción	S/. 652 155,84
C.3: Tiempos muertos de maquinaria	S/. 15596,1
Total de Beneficios anuales	S/. 883 001,94
Costo total anual	S/.303 955,8386
Razón Beneficio Costo	2,90

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Periodo de Recuperación

El tiempo de recuperación de la inversión será calculado con el monto inicial de la inversión dividido entre el beneficio anual que percibe la empresa si se implementase el sistema de control automático

$$\text{Periodo de Recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio anual}}$$

$$\text{Periodo de Recuperación} = \frac{303\,955,8386}{883\,001,94}$$

$$\text{Periodo de Recuperación} = 0,34 \text{ años} \times \frac{12\text{meses}}{1\text{año}}$$

$$\text{Periodo de Recuperación} = 4 \text{ meses y } 3 \text{ días}$$

Del periodo de recuperación calculado se obtiene que la empresa recuperaría su inversión en 4 meses y 3 días, tiempo de corto plazo que evidencia que la implementación del sistema automatizado de pre limpieza de arroz es factible para la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C.

3.4.2. PLANES DE ACCIÓN PARA LA MEJORA

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	MESES												RECURSOS	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Comprar equipos requeridos para el diseño	Gerente / RRHH	X	X												Evaluar proveedores
Contratar a un técnico experimentado para la instalación	Gerente			X											Persona externa a la empresa
Capacitar a los operarios del área de pre limpieza y secado industrial	Gerente				X										Persona externa a la empresa
Instalación del sistema automático.	Empresa del sistema				X										Equipos comprados
Realizar el plan de ventas	Coordinador de Ventas		X												
Realizar el plan de Compras	Coordinador de Compras		X												
Negociar con proveedores	Coordinador de Compras			X											Vía correo electrónico
Capacitación del Sistema	Empresa del sistema				X	X									
Seguimiento del Sistema	Empresa del sistema				X	X	X								Lo cubre la empresa Tecnocomp
Mantenimiento del Sistema	Empresa del sistema					X	X	X	X	X	X	X	X		Costo es anualmente
Control de la propuesta de mejora	Gerente						X			X			X		Lista de verificación

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- A partir del Diagnóstico de la situación actual de la empresa, se determinó que existen problemas en el área de pre limpieza que no permite generar mayor productividad. Es así que se determinó que debido a los problemas ocurridos dentro del área de pre limpieza la empresa no puede cumplir con los pedidos que tiene según su demanda.
- Se Diseñó un sistema automatizado que logró solucionar los principales problemas que son: las pocas veces que se realiza limpieza manual de impurezas que logró reducir a 0 de 50/420 veces que realizan, la descarga a destiempo de impurezas generado por la falta de control del operario y que genera un impacto de 1 570 sacos no producidos solucionándolo a 0 sacos no producidos, el flujo másico cero generado por problemas en el diseño de maquinaria que genera un impacto de 1 555 sacos no producidos y que se logró reducir a 0 sacos no producidos así como eliminar una actividad de riesgo para la seguridad del colaborador, el flujo másico bajo por el bajo ritmo de producción que genera un impacto de 9 468 sacos no producido y que se logró reducir a 0 sacos no producidos, los tiempos muertos de maquinaria que son 21,5 h reduciéndolo a 0 h, el cual generaba un impacto económico de S/. 1 299,67 al mes todo ello incrementando la productividad de 66,65 a 91,04%
- El beneficio costo fue de 2,9 soles con un periodo de recuperación de 4 meses y 3 días por lo que se concluye que la propuesta de Diseño automatizado propuesto es factible para la empresa Molinerías Grupo RAM S.A.C.

4.2 SUGERENCIAS

- La presente investigación ha propuesto mejoras que han logrado aumentar la capacidad de planta y así también reducir significativamente los tiempos muertos de maquinaria. Sin embargo, a través del análisis de las causas de baja productividad se identificó que, si bien la máquina recibe mantenimiento correctivo, éste no cuenta con un registro del mismo realizado por lo que se recomienda usar un formato donde se describa anomalías, así como la solución brindada para que se tenga un historial y facilite la identificación de características y las actividades a realizar para un mantenimiento preventivo.
- Asimismo, se recomienda realizar un mantenimiento correctivo antes de ejecutar la mejora y realizar un mantenimiento preventivo mensual con el fin de evitar averías.
- Dentro de la investigación se identificó la poca comunicación con el operario del área, por lo que se debería tener en cuenta el capacitar e informar los análisis básicos realizados dentro de la empresa que involucre el área del trabajador con el fin de mejorar el clima laboral y eviten actos inseguros que involucren su seguridad y afecten la producción.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Asociación Peruana de Molineros de Arroz.2015
- [2] S. Pérez. “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CARRETOS EN LA EMPRESA LA CASA DE TORNILLO SRL”. Perú. pp8. 2011. Disponible en: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/492/1/TL_Sanchez_Perez_Joselito.pdf
- [3] A.Creus “ Instrumentación Industrial”. Octava edición MARCOMBO S.A. , España pp. 1, 2010.
- [4] Arboleda Obando “Mejora de la producción con el diseño de un sistema automatizado para la mezcla de arena y sustrato en Vivero Génesis S.A.C.” Perú. 2016.
- [5] Chambi Mamani “Diseño y cálculo de una prensa de tornillo para estrujar 250 kg/h pulpa de pescado”. 2016
- [6] María Elena Anaya-Pérez “Incremento de productividad a través del diseño e implementación de un sistema flexible automatizado” 2016
- [7] Guevara Gallegos *et al* “Diseño y construcción de un sistema automático de dosificación de granos para un molino de la Empresa "ECUACEREAL" CIA. LTD.A”. Segunda edición. Uta facultad de ingeniería civil y mecánica, España pp. 6, 2011
- [8] Fedora García Acevedo “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE RECEPCIÓN DE TRIGO EN UNA PLANTA PROCESADORA DE HARINA” 2011
- [9] R. Valencia “Administración de pequeñas y medianas empresas”. Sexta edición. España. pp. 309. 2010
- [10] P. Torres “División de ciencias Naturales y exactas”. México. 2013
- [11] J. Ebert “ Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento”. Cuarta edición. México. pp.294.2013
- [12] Heizer y Rander “Principio de administración de Operaciones”. Octava Edición. México. Pp288-296. 2012
- [13] Hernández Sampieri, Roberto (1998) Metodología de investigación. McGraw-Hill Editores. México.
- [14]. Instrumentación y control 2013.
- [15] V. Taborga.” Estadística Educativa”. pág.151.Bolivia 2011

- [16] José Velásquez.2010
- [17] López y Mendoza.2015
- [18] Mario Pérez “Sistema Control”. 2012
- [19] Carlos E. Canto” ***Principio de operación de los sensores capacitivos” 2014***
- [20]. “Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51” *et al.* Aenor. pp 442 España. 2003
- [21]. Juan Carlos Pulgarín. 2012
- [22]. Jose Carlos Villajulca.2013
- [23]. Marwin Prada.2014
- [24]. Jose Roldán.2014
- [25]. Adolf Senner.1994
- [26]. Moreno. 2011
- [27]. Henry.2015
- [29] José García Bernejo “ Temarios Generales, Módulo II”, España. 2004.
- [28] Schneider Electric, 2017. Catálogo Product data sheet
- [30] Hermenegildo Rodríguez Galbaro “Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin “2012, Tornillos sinfin-Transportes, España. pp.4, 2012.

VI. ANEXOS

ANEXOS

**Anexo 1: Demanda del año 2016
(Sacos)**

	Demanda del año 2016	Pedidos aceptados en el año	Pedidos no abastecidos de los pedidos aceptados	Sacos entregados o vendidos
Enero	90 999	36 035	12 000	24 035
Febrero	98 492	37 963	12 100	25 863
Marzo	109 269	33 123	12 250	20 873
Abril	120 916	42 944	12 400	30 544
Mayo	131 835	38 056	12 469	25 587
Junio	132 257	38 492	12 561	25 931
Julio	138 414	42 792	12 563	30 229
Agosto	136 072	41 721	12 567	29 154
Septiembre	119 712	34 540	11 900	22 640
Octubre	114 507	22 396	11 895	10 501
Noviembre	98 722	31 131	11 847	19 284
Diciembre	94 102	31 155	11 893	19 262
Total	138 5297	430 348	146 445	283 903

Fuente: Datos de la empresa

**Anexo 2: Proyección de la demanda de arroz
(Sacos)**

Año	Demanda	Pedidos aceptados
2014	1 340 996	356 066
2015	1 348 937	357 481
2016	1 385 297	430 348
2017	1 386 058	430 900
Proyección		
2018	1 408 209	468 041
2019	1 425 363	497 778
2020	1 442 518	527 515
2021	1 459 672	557 252
2022	1 476 827	586 989
2023	1 493 982	616 726
2024	1 511 136	646 462
2025	1 528 291	676 199

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Aceptación de brindar datos para realizar investigación

CARTA DE ACEPTACIÓN "MOLINERÍAS GRUPO RAM S.A.C."

MGRT. SALAZAR ZEGARRA SONIA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

La Administradora de la empresa "MOLINERIAS GRUPO RAM S.A.C." ubicado en la carretera panamericana norte KM 777, Predio Sto Tomas y anexos (Parcela 42) Lambayeque, expone:

Se acepta a la Srta. Liz Kateryn Chancafe Pisfil realizar la "Propuesta de Diseño de un Sistema Automatizado" en el área de pre limpieza de arroz, brindándole la información y datos que se requiera dentro de nuestra empresa.

Chiclayo, 11 de Junio del 2016

MOLINERIAS GRUPO RAM S.A.C.
Monica Coronado
MONICA L. CORONADO SOPLAPUCO
ADMINISTRADORA

Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 4: Descarga de impurezas



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 5: Limpieza manual de impurezas



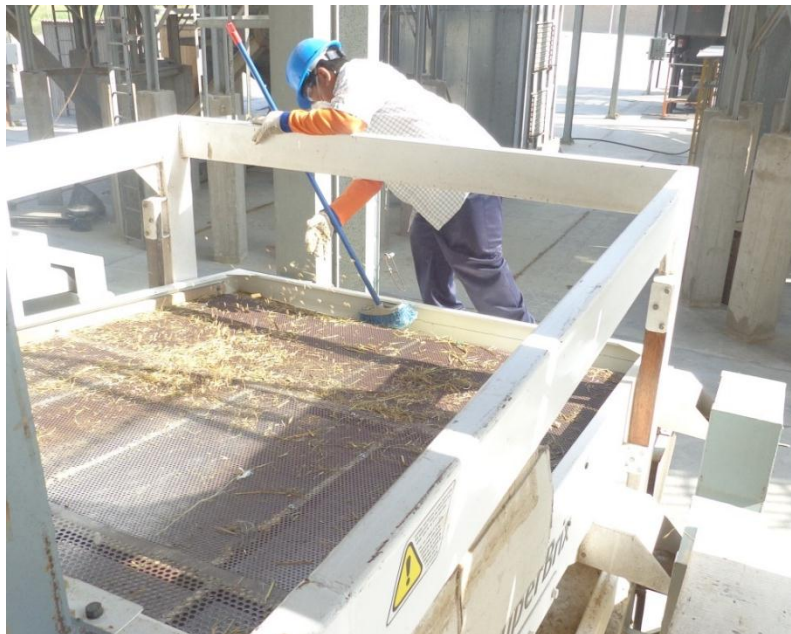
Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 6: Llenado de impureza al tope



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 7: Tiempos muertos de Maquinaria



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 8: Limpieza manual de impurezas



Fuente : Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 9: Bajo flujo másico de arroz



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 10 : Sacos de impurezas



Fuente: Molinerías Grupo RAM S.A.C.

Anexo 11: Guardamotor GV2P08

Product data sheet Characteristics

GV2P08

TeSys GV2 - Circuit breaker - thermal-magnetic - 2.5...4 A - screw clamp terminals



Main

Range	TeSys
Product name	TeSys GV2
Device short name	GV2P
Product or component type	Circuit breaker
Circuit breaker application	Motor protection
Poles description	3P
Network type	AC
Utilisation category	Category A conforming to IEC 60947-2 AC-3 conforming to IEC 60947-4-1
Network frequency	50/60 Hz conforming to IEC 60947-4-1
Thermal protection adjustment range	2.5...4 A
Trip unit technology	Thermal-magnetic


Fuente: Catálogo Schneider

Anexo 12: Relé PNAS/PNAT



**PNAS / PNAT
DNAS / DNAT**



 **RELÉ AMPLIFICADOR
PARA SENSORES CAPACITIVOS**

Función	Relé de nivel para áridos, grano. etc.
Carácter diferencial	Actúa con los sensores capacitivos
Principio de funcionamiento	<p>Control de máximo y mínimo nivel - El relé se activa cuando el producto alcanza el sensor de nivel máximo (5/6:PNAS/T; Y1/Z1:DNAS/T) siempre que el sensor de nivel mínimo (6/7:PNAS/T;Y2/Z1:DNAS/T) esté también en contacto con el producto. El relé se desactiva cuando el sensor de mínimo deja de tocar el producto después de haberlo hecho el sensor de máximo.</p> <p>Control de máximo o mínimo nivel - El relé se activa cuando el sensor (6/7:PNAS/T;Y2/Z1:DNAS/T) es alcanzado por el material, desactivándose en caso contrario.</p>
Sensibilidad	Fija: el ajuste va incorporado en el sensor
Tensión de sondas	24 V CC (5 y 7:PNAS/T; Y1 e Y2:DNAS/T)
Corriente de sondas	15 mA
Características del cable de sondas	Dos conductores sin malla. En ciertos casos es conveniente utilizar cable apantallado o separar la línea de tensión de la de sondas.
Longitud cable sondas	< 100 mts.
Accesorios	Sensores capacitivos Modelos SC

Fuente: Catálogo Schneider

Anexo 13: Características de Contactores tipo 2 Tripolares para la selección de pedidos

Contadores tripolares TeSys D



Contadores tripolares TeSys D

Contadores Serie D para el comando de motores Contactores tripolares para comando de motores y circuitos de distribución

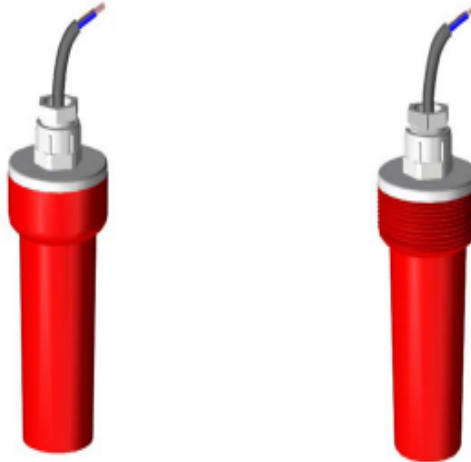
(Aptos para coordinación Tipo 2)

Contadores LC1D09 a LC1D150.

Referencia TeSys	220V HP	440V HP	Amperios		Contactos Auxiliares	Tensión Bobina	Cantidad indivisible	Precio S/
			AC3	AC1				
LC1D09B7	3	5.5	9	25	1NA+1NC	24 VAC	1	119.00
LC1D09E7	3	5.5	9	25	1NA+1NC	48 VAC	1	119.00
LC1D09F7	3	5.5	9	25	1NA+1NC	110 VAC	1	119.00
LC1D09M7	3	5.5	9	25	1NA+1NC	220 VAC	1	107.00
LC1D09Q7	3	5.5	9	25	1NA+1NC	380 VAC	1	119.00
LC1D09R7	3	5.5	9	25	1NA+1NC	440 VAC	1	119.00
LC1D12B7	4	7.5	12	25	1NA+1NC	24 VAC	1	136.00
LC1D12F7	4	7.5	12	25	1NA+1NC	110 VAC	1	136.00
LC1D12M7	4	7.5	12	25	1NA+1NC	220 VAC	1	123.00
LC1D12Q7	4	7.5	12	25	1NA+1NC	380 VAC	1	136.00
LC1D12R7	4	7.5	12	25	1NA+1NC	440 VAC	1	136.00
LC1D18B7	5.5	12	18	32	1NA+1NC	24 VAC	1	194.00
LC1D18E7	5.5	12	18	32	1NA+1NC	48 VAC	1	194.00
LC1D18F7	5.5	12	18	32	1NA+1NC	110 VAC	1	194.00
LC1D18M7	5.5	12	18	32	1NA+1NC	220 VAC	1	174.00
LC1D18Q7	5.5	12	18	32	1NA+1NC	380 VAC	1	194.00
LC1D18R7	5.5	12	18	32	1NA+1NC	440 VAC	1	194.00
LC1D25B7	7.5	15	25	40	1NA+1NC	24 VAC	1	266.00
LC1D25F7	7.5	15	25	40	1NA+1NC	110 VAC	1	266.00
LC1D25M7	7.5	15	25	40	1NA+1NC	220 VAC	1	240.00
LC1D25Q7	7.5	15	25	40	1NA+1NC	380 VAC	1	266.00
LC1D25R7	7.5	15	25	40	1NA+1NC	440 VAC	1	266.00

Fuente: Catálogo Schneider

Anexo 14: Ficha técnica de sensor capacitivo SCS 35

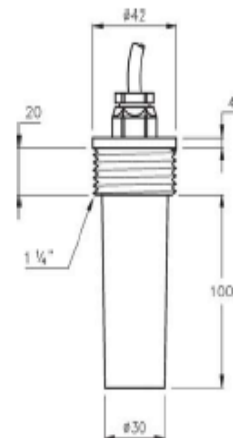
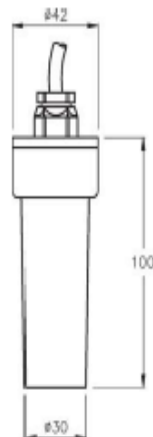


SONDAS
CAPACITIVAS



Modelo	SCS 35	SCR 35
Aplicación	Las sondas capacitivas están diseñadas para trabajar con el relé PNAS/T como control de máx. y/o mín. nivel con productos en grano, polvo, áridos, productos químicos, etc.	
Material del cuerpo	Poliamida 6.6	
Color	Color rojo	
Conexión a proceso	Rosca 1" 1/4 G	
Conexión eléctrica	Cable de 2 conductores, longitud 5 m.	
Tensión	Máxima 30 V.	
Frecuencia	Máxima 500 Hz.	
Consumo	Activado: Máximo 5 mA. Desactivado: Máximo 15 mA.	
Sensibilidad	Ajustable, potenciómetro de 15 vueltas.	
Temperatura trabajo	-15..+70 °C.	
Distancia actuación	4..12 mm. Led indicador de sensor activado	
Presión máxima	10 Kg/cm ² a 60 °C.	
Longitud máx. cable	< 200 m.	
Protección	IP 65.	

Dimensiones



Fuente: Catálogo Schneider (2017)

Anexo 15: Alarma XVR 3M04S

Product datasheet Characteristics

XVR3M04S

Beacon, Buzzer, AC 100~230V, Red



Main

Range of product	Harmony XVR
Product or component type	Beacon
Device short name	XVR3
Beacon or indicator bank unit type	LED unit
Sound signalling	Buzzer : 70...90 dB at 1 m
Mounting diameter	100 mm
Light source	Red LED
Device application	Forklift Bulldozer Automated guided vehicle (AGV)

Complementary

Signalling type	Flashing Blinking Rotating Buzzer
Assembly style	Ready assembled
Material	PC (polycarbonate) (lenses) PBT (polybutylene terephthalate) + PC (polycarbonate) (body) EPDM (ethylene propylene diene monomer) (base)
[Us] rated supply voltage	100...230 V AC
[Ue] rated operational voltage	90...253 V AC
Inrush current	0.5 A
Power consumption	3.2 W

Fuente: Catálogo Schneider (2017)

Anexo 16: Paro de emergencia XB5AS8442

Product data sheet Characteristics

XB5AS8442

red Ø40 Emergency stop, switching off
pushbutton Ø22 latching turn release 1NC



Main

Range of product	Harmony XB5
Product or component type	Complete emergency switching off push-button type
Device short name	XB5
Bezel material	Plastic
Fixing collar material	Plastic
Mounting diameter	22 mm
Sale per indivisible quantity	1
Shape of signaling unit head	Round
Type of operator	Mechanical latching
Reset	Turn to release
Operator profile	Red mushroom Ø 40 mm unmarked
Contacts type and composition	1 NC
Contacts operation	Slow-break
Connections - terminals	Screw clamp terminals : $\geq 1 \times 0.22 \text{ mm}^2$ without cable end conforming to EN 60947-1 Screw clamp terminals : $\leq 2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ with cable end conforming to EN 60947-1

Complementary

Height	43 mm
Width	40 mm
Depth	82 mm
Contacts material	Silver alloy (Ag/Ni)
Short circuit protection	10 A cartridge fuse type gG conforming to EN/IEC 60947-5-1
[Ith] conventional free air thermal current	10 A conforming to EN/IEC 60947-5-1
[Ui] rated insulation voltage	600 V (degree of pollution: 3) conforming to EN 60947-1
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to EN 60947-1
[Ie] rated operational current	1.2 A at 600 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.55 A at 125 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.27 A at 250 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.1 A at 600 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 6 A at 120 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 3 A at 240 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1

Fuente: Catálogo Scheider (2017)

Anexo 18: Pulsador rojo no luminoso XB4BA42

Product data sheet

Characteristics

XB4BA42

red flush complete pushbutton Ø22 spring return 1NC unmarked



Main

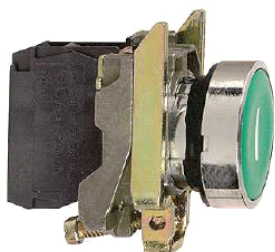
Range of product	Harmony XB4
Product or component type	Complete pushbutton
Device short name	XB4
Bezel material	Chromium plated metal
Fixing collar material	Zamak
Mounting diameter	22 mm
Sale per indivisible quantity	1
Shape of signaling unit head	Round
Type of operator	Spring return
Operator profile	Red flush unmarked
Contacts type and composition	1 NC
Contacts operation	Slow-break
Connections - terminals	Screw clamp terminals: 1 x 0.22...2 x 2.5 mm ² without cable end conforming to EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals: <= 2 x 1.5 mm ² with cable

Complementary

Height	47 mm
Width	30 mm
Depth	52 mm
Terminals description ISO n°1	(21-22)NC
Product weight	0.08 kg
Resistance to high pressure washer	7000000 Pa at 55 °C, distance: 0.1 m
Contacts usage	Standard contacts
Positive opening	With positive opening conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix K
Operating travel	4.3 mm (total travel) 1.5 mm (NC changing electrical state)
Operating force	3.5 N (NC changing electrical state)
Mechanical durability	5000000 cycles
Tightening torque	0.8...1.2 N.m conforming to EN 60947-1
Shape of screw head	Slotted head compatible with flat Ø 5.5 mm screwdriver Slotted head compatible with flat Ø 4 mm screwdriver Cross head compatible with pozidriv No 1 screwdriver Cross head compatible with Philips no 1 screwdriver
Contacts material	Silver alloy (Ag/Ni)
Short circuit protection	10 A cartridge fuse type gG conforming to EN/IEC 60947-5-1
[Ith] conventional free air thermal current	10 A conforming to EN/IEC 60947-5-1
[Ui] rated insulation voltage	600 V (degree of pollution: 3) conforming to EN/IEC 60947-1
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to EN/IEC 60947-1
[Ie] rated operational current	1.2 A at 600 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.56 A at 125 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.27 A at 250 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.1 A at 600 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 6 A at 120 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 3 A at 240 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1

Fuente: Catálogo Schneider (2017)

Anexo 19: Pulsador verde no luminoso XB4BA31



[TAG[MainCharacteristics]]

Rango de producto	Harmony XB4
Tipo de producto o componente	Pulsador completo
Modelo de dispositivo	XB4
Material del bisel	Metal cromado
Material anillo fijación	Zamak
Diámetro de montaje	22 mm
Venta por cantidad indivisible	1
Forma del cabezal de unidad de	Redondo
Tipo de operario	Retorno de resorte
Perfil de operador	Verde empotrado sin marca
Tipo de contactos y composición	1 NO
Funcionamiento de contacto	Rupt. lenta
Conexiones - terminales	Conexión tornillo de estribo $\leq 2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ con extr. cable EN/IEC 60947-1 Conexión tornillo de estribo $1 \times 0,22-2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ sin extremo de cable EN/IEC 60947-1

[TAG[CompleCharacteristics]]

Alto	47 mm
Ancho	30 mm
Profundidad	52 mm
Descripción terminales ISO n°1	(13-14)NO
Peso del producto	0.08 kg
Resistencia a lavadoras de alta presión	7000000 Pa at 55 °C, distance: 0,1
Uso de contactos	Contactos estándar
Apertura positiva	Sin
Recorrido de funcionamineto	2.6 mm (NA cambiando estado eléctrico) 4.3 mm (viaje total)
Fuerza de funcionamiento	3.8 N (NA cambiando estado eléctrico)
Endurancia mecánica	5000000 cycles
Par de apriete	0.8...1.2 N.m conforming to EN 60947-1
Forma de la cabeza de tornillo	Cruzado Philips n° 1 Cruzado Pozidriv n° 1 Con ranuras plano 4 mm Ø Con ranuras plano 5,5 mm Ø
Material de contactos	Aleación de plata (Ag/Ni)
Protección contra cortocircuito	10 A fusible de cartuchos gG EN/IEC 60947-5-1
[Ith] Intensidad térmica convencional	10 A conforming to EN/IEC 60947-5-1
Tensión asignada de aislamiento	600 V 3 EN/IEC 60947-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV conforming to EN/IEC 60947-1
Intensidad asignada de empleo (Ie)	3 A 240 V AC-15 A600 EN/IEC 60947-5-1 6 A at 120 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.1 A at 600 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 0.27 A 250 V DC-13 Q600 EN/IEC 60947-5-1 0.55 A at 125 V, DC-13, Q600 conforming to EN/IEC 60947-5-1 1.2 A at 600 V, AC-15, A600 conforming to EN/IEC 60947-5-1
Endurancia eléctrica	Conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix C Conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix C Conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix C Conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix C Conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix C
Fiabilidad eléctrica IEC 60947	$\Lambda < 10 \text{exp}(-6)$ at 5 V, 1 mA in clean environment conforming to EN/IEC 60947-5-4 $\Lambda < 10 \text{exp}(-8)$ at 17 V, 5 mA in clean environment conforming to EN/IEC 60947-5-4

Anexo 20: Piloto Verde

Product data sheet

Characteristics

XB5AVM3

round pilot light Ø22 - green - integral LED -
230...240V- screw clamp terminals



Main

Range of product	Harmony XB5
Product or component type	Complete pilot light
Device short name	XB5
Bezel material	Plastic
Fixing collar material	Plastic
Mounting diameter	22 mm
Sale per indivisible quantity	1
Standards	CSA C22-2 No 14 EN/IEC 60947-1 EN/IEC 60947-5-1 EN/IEC 60947-5-4 EN/IEC 60947-5-5 JIS C 4520 UL 508
Shape of signaling unit head	Round
Cap/Operator or lens colour	Green
Operator additional information	With plain lens
Connections - terminals	Screw clamp terminals 1 x 0.22...2 x 2.5 mm ² without cable end EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals ≤ 2 x 1.5 mm ² with cable end EN/IEC 60947-1
Light source	Protected LED
Light source colour	Green
[Us] rated supply volt-	230...240 V AC 50/60 Hz

Complementary

Product weight	0,038 kg
Resistance to high pressure washer	7000000 Pa 55 °C 0.1 m
[U] rated insulation voltage	250 V 3 EN 60947-1
[Uimp] rated impulse withstand voltage	4 kV EN 60947-1
Signalling type	Steady
Bulb base	Integral LED
Supply voltage limits	195...264 V AC
Current consumption	14 mA
Service life	100000 h at rated voltage and 25 °C

Fuente: Catálogo Schneider (2017)

Anexo 21: Piloto Rojo XB5AVM4

Product data sheet Characteristics

XB5AVM4

round pilot light Ø22 - red - integral LED -
230...240 V - screw clamp terminals



Main

Range of product	Harmony XB5
Product or component type	Complete pilot light
Device short name	XB5
Bezel material	Plastic
Fixing collar material	Plastic
Mounting diameter	22 mm
Sale per indivisible quantity	1
Standards	CSA C22-2 No 14 EN/IEC 60947-1 EN/IEC 60947-5-1 EN/IEC 60947-5-4 EN/IEC 60947-5-5 JIS C 4520 UL 508
Shape of signaling unit head	Round
Cap/Operator or lens colour	Red
Operator additional information	With plain lens
Connections - terminals	Screw clamp terminals 1 x 0.22...2 x 2.5 mm ² without cable end EN/IEC 60947-1 Screw clamp terminals ≤ 2 x 1.5 mm ² with cable end EN/IEC 60947-1
Light source	Protected LED
Light source colour	Red
[Us] rated supply voltage	230...240 V AC 50/60 Hz

Complementary

Product weight	0,038 kg
Resistance to high pressure washer	7000000 Pa 55 °C 0.1 m
[Ui] rated insulation voltage	250 V 3 EN 60947-1
[Uimp] rated impulse withstand voltage	4 kV EN 60947-1
Signalling type	Steady
Bulb base	Integral LED
Supply voltage limits	195...264 V AC
Current consumption	14 mA
Service life	100000 h at rated voltage and 25 °C
Surge withstand	1 kV IEC 61000-4-5

Fuente: Catálogo Schneider (2017)