

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



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE
ENSACADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA
EMPRESA MOLISAM I E.I.R.L.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

LENNON MARTIN BUSTAMANTE TELLO

ASESOR

Mgr. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ

Chiclayo, 2018

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo puesto en el proyecto de tesis, a las personas que me dieron su apoyo en todo momento, a través de su esfuerzo, dedicación, educación, cuidado, valores y muchas virtudes más; MIS PADRES, quienes nos sacan adelante día a día.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en mi primer lugar a MI FAMILIA, en general a mis padres quienes me permiten poder escribir estas palabras, a través de su esfuerzo me permiten lograr una meta planteada. Entendieron el esfuerzo y los sacrificios que hice por este proyecto.

Agradezco a mi asesor de tesis, el Ingeniero Joselito Sánchez Pérez, porque aparte de guiarme en todo el proyecto, me dio la oportunidad de llegar hasta el final, aún sabiendo que cuando inicié estaba muy lejos de lograrlo.

Agradezco a mis amigos, los que me apoyaron y enseñaron en los puntos poco entendibles para mí.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se basó en la necesidad de incrementar la productividad, ante la baja producción, los riesgos disergonómicos que se presenten en un proceso y los costos generados por los tiempos de más, generados por el trabajo manual que se realiza, es por eso que se generó la problemática en la etapa de ensacado, si es que es este el proceso que incrementará la productividad.

En la presente investigación se buscó incrementar la productividad a través de la etapa de ensacado, teniendo como primer objetivo el diagnosticar la situación actual de la empresa, para posteriormente diseñar un sistema automatizado para la etapa de ensacado, una vez diseñado, se procede a simular el sistema automatizado para comprobar el buen funcionamiento, una vez simulado se notarán las diferencias en el proceso a relación de la situación inicial de la empresa y por último se realizará el análisis costo – beneficio para validar si la propuesta es rentable o no.

Los resultados tras el plan de mejora nos muestran un aumento de la productividad en mano de obra en 91,61%, además de una disminución de tiempo improductivo, el que nos aumentará la capacidad utilizada al 100%, por ende, se evita turnos extras y se satisface con la demanda requerida.

Por último, realizando el análisis económico se determinó que el proyecto es rentable con un TIR del 314%, demostrando que el proyecto es viable, dando un costo beneficio de 9,81, lo que indica que por cada sol invertido nos retornará 8,81 soles.

Palabras claves: Automatización, ensacado, sistema de control.

ABSTRACT

The present research project is based on the need to increase productivity and optimize processes, before the low production, the disorganized risks that are presented in a process and the costs generated by the times of more generated by the manual work that is performs, that is why it generates the problem that the recommendation of improvement in the manual stage of the process increases and optimizes productivity.

In the present investigation, the aim is to increase productivity through the bagging stage, with the first objective being the diagnosis of the current situation of the company, to design an automated system for the bagging stage, once designed, proceed to simulate the automated system to verify the smooth operation, once simulated will notice the differences in the process a relationship of the initial situation of the company and finally perform the cost - benefit analysis to validate whether the proposal is profitable or not.

The results after the improvement plan show an increase in labor productivity by 91.61%, in addition to a decrease in downtime, which will increase the capacity used to 100%, thus avoiding extra shifts and is satisfied with the demand demanded.

Finally, conducting the economic analysis was determined that the project is profitable with a TIR of 314%, demonstrating that the project is viable, giving a cost benefit of 9.81, which indicates that for each inverted sun will return us 8.81 Suns.

Keywords: Automation, bagging, control system.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	14
2.2 BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS	17
2.2.1 PRODUCTIVIDAD.....	17
2.2.1.1 Índice de productividad parcial	17
2.2.2 MEDICIÓN DEL TRABAJO	18
2.2.3 DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA	20
2.2.4 AUTOMATIZACIÓN	21
2.2.4.1 Parte Operativa	22
2.2.4.2 Parte de Mando.....	23
2.2.5 SISTEMA DE CONTROL	27
2.2.5.1 Perturbaciones	28
2.2.5.2 Variables	28
2.2.5.3 Elementos de un sistema de control automatizado	28
2.2.5.4 Tipos de sistema de control.....	30
2.2.5.5 Tipos de procesos industriales.....	31
2.2.5.6 Función de transferencia	32
2.2.5.7 Controladores autónomos	32
2.2.6 FAJA TRANSPORTADORA.....	34
2.2.6.1 Tipos de bandas	34
2.2.6.2 Elementos que conforman un transportador.	35
2.2.6.3 Material de las bandas.....	36
III. RESULTADOS	38
3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	38
3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	38
3.1.2 PRODUCTO PRINCIPAL.....	38
3.1.3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	46
3.1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	47
3.1.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PILADO DE ARROZ.....	50

3.1.6	INDICADORES ACTUALES DE PRODUCCIÓN	52
3.1.6.1	Producción:	52
3.1.6.2	Eficiencia física	52
3.1.7	DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA DE LA ETAPA DE ENSACADO DE ARROZ (ACTUAL)	55
3.1.8	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE ENSACADO	56
3.1.9	PROBLEMA: JUSTIFICACIÓN	56
3.1.10	PROBLEMÁTICA DE LA ETAPA DE ENSACADO	57
3.1.10.2	Diagnóstico por causas	57
3.1.10.3	Cuadro resumen.....	68
3.2	PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE ENSACADO	70
3.2.1	FUNCIONAMIENTO PROPUESTO	71
3.2.2	DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA DE LA ETAPA DE ENSACADO DE ARROZ (MEJORADO)	75
3.2.3	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE ENSACADO.....	76
3.2.3.1	SISTEMA DE TRANSPORTE.....	78
3.2.3.2	SISTEMA DE LLENADO Y COSIDO	97
3.2.4	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	110
3.2.4.1	Determinación de las variables.....	110
3.2.4.2	Determinación de controlador a utilizar	111
3.2.5	SELECCIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE.....	115
3.2.5.1	Configuración del PLC	115
3.2.6	CIRCUITO DE FUERZA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	117
3.2.7	CIRCUITO NEUMÁTICO: SISTEMA DE ENSACADO	118
3.2.8	CIRCUITO DE MANDO DEL SISTEMA ENSACADO.....	119
3.3	SIMULACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	121
3.3.1	IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS EN SOMACHINE.....	121
3.3.2	SIMULACIÓN EN SOMACHINE	122
3.4	RESULTADOS DE PROPUESTA: INDICADORES TRAS LA MEJORA.....	129
3.4.1	CAUSAS DE BAJA PRODUCTIVIDAD.....	129
3.4.2	PRODUCCIÓN	130
3.4.3	PRODUCTIVIDAD.....	131
3.4.3.1	Productividad de Mano de obra.....	131
3.5	ANÁLISIS ECONONÓMICO.....	133

3.5.1	INVERSIONES.....	133
3.5.1.1	Maquinaria del proyecto	133
3.5.1.2	Costos del diseño de control	135
3.5.2	PRESUPUESTO DE COSTOS.....	135
3.5.3	PRESUPUESTO DE INGRESOS.....	136
3.5.4	RESULTADOS ECONÓMICOS.....	137
IV.	CONCLUSIONES	139
V.	RECOMENDACIONES	140
VI.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	141
VII.	ANEXOS	143
7.1	ANEXO 1: FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO SEGÚN MTPE.....	144
7.2	ANEXO 2: TIEMPOS GENERALES DE LA ETAPA DE ENSACADO	145
7.3	ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA A SELECCIONAR	146
7.4	ANEXO 4: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN	147
7.5	ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DE BANDA TRANSPORTADORA SERIE 900 FLAT TOP DE LA MARCA INTRALOX.....	148
7.6	ANEXO 6: TABLA DE FACTORES DE SERVICIO PARA BANDAS TRANSPORTADORAS SEGÚN INTRALOX.....	149
7.7	ANEXO 7: CLASIFICACIÓN DE SENSORES Y TRANSDUCTORES	150
7.8	ANEXO 8: HOJA DE DATOS DE CILINDROS NORMALIZADOS DSBC, ISO 15552	151
7.9	ANEXO 9: FICHA TÉCNICA AUTÓMATA PROGRAMABLE	154
7.10	ANEXO 10: CONSUMO DE ENERGÍA DE LA EMPRESA MOLISAM I E.I.R.L. 156	
7.11	ANEXO 11: CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS CUADRADOS DE ACERO INOXIDABLE.....	157
7.12	ANEXO 12: CILINDROS COMPACTOS AEN, CARACTERÍSTICAS.....	158
7.13	ANEXO 13: COTIZACIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla Wentinghouse.....	19
Tabla 2. Tabla General Electric.....	19
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los micro controladores.....	24
Tabla 4. Simbología de lectura de escalera.....	27
Tabla 5. Precio y utilidad de los sacos de arroz.....	45
Tabla 6. Operarios por etapa.....	51
Tabla 7. Producción promedio diario del turno día.....	52
Tabla 8. Promedio de pedidos semanales de distribuidora externa.....	53
Tabla 9. Condiciones labores, operario hombre.....	58
Tabla 10. Permisos mensuales del operario de ensacado.....	59
Tabla 11. Productividad media diaria con operario principal de ensacado, un día antes de ausencia de operario.....	60
Tabla 12. Productividad media diaria con operario reemplazante de ensacado.....	60
Tabla 13. Variabilidad de tiempos de ensacado sin interrupción, desde la manipulación de sacos vacíos hasta el retiro del saco de la balanza. Datos obtenidos el 11 de abril del 2017...	63
Tabla 14. Diagrama Hombre – Máquina llenado de un saco de arroz.....	66
Tabla 15. Arroz desperdiciado en peso de cada saco.....	67
Tabla 16. Impacto económico.....	68
Tabla 17. Indicadores de la situación actual en la etapa de ensacado.....	69
Tabla 18. Especificaciones del saco de arroz.....	83
Tabla 19. Dimensiones de rodillos en pulgadas (rodillos de transporte y de retorno).....	84
Tabla 20. Matriz de Tamizaje para los motores de las bandas transportadoras.....	94
Tabla 21. Cantidades requeridas de tubos cuadrados.....	101
Tabla 22. Matriz de Tamizaje para cilindros.....	103
Tabla 23. Características del cilindro de doble efecto.....	104
Tabla 24. Características del cilindro de simple efecto.....	106
Tabla 25. Características del cilindro de simple efecto.....	108
Tabla 26. Matriz de Tamizaje para el Dispositivo de Control.....	113
Tabla 27. Determinación de PLC.....	115
Tabla 28. Leyenda del circuito de fuerza.....	117
Tabla 29. Leyenda del circuito neumático.....	118
Tabla 30. Leyenda del circuito neumático.....	120
Tabla 31. Nombramiento de las entradas.....	121
Tabla 32. Nombramiento de las salidas.....	122
Tabla 33. Diagrama Hombre – Máquina mejorado.....	129
Tabla 34. Cuadro comparativo de indicadores tras mejora.....	132
Tabla 35. Costos de material para fabricación de faja horizontal.....	133
Tabla 36. Costos de material para fabricación de faja diagonal.....	134
Tabla 37. Costos de adición a la estructura actual de la tolva.....	134
Tabla 38. Costos de dispositivos de control.....	135
Tabla 39. Costos de energía.....	135
Tabla 40. Costos de mantenimiento y depreciación.....	135
Tabla 41. Costos hora hombre.....	136
Tabla 42. Costos extras de proyecto.....	136
Tabla 43. Ingresos de la producción mejorar por mes.....	136

Tabla 44. Estado de ganancias y pérdidas	137
Tabla 45. Flujo de caja de ingresos y egresos	137
Tabla 46. Indicadores de rentabilidad	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo diagrama Hombre – Máquina	20
Figura 2. Partes operativas y de mando de un sistema automatizado	21
Figura 3. Cilindro de Simple efecto	23
Figura 4. Cilindro de doble efecto	23
Figura 5. Partes de un PLC.....	25
Figura 6. Control en procesos industriales	28
Figura 7. Control en procesos industriales	29
Figura 8. Sistema de lazo abierto.....	31
Figura 9. Sistema de lazo cerrado.....	31
Figura 10. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial	33
Figura 11. Clasificación de las bandas dependiendo de su posición.	34
Figura 12. Polea de un Transportador.....	35
Figura 13. Rodamiento rígido de bolas	35
Figura 14. Banda PVC	36
Figura 15. Banda de PVC, PU.....	36
Figura 16. Bandas de PVC o PU lisas.....	37
Figura 17. Arroz Blanco.....	38
Figura 18. Presentación de los sacos de arroz blanco	39
Figura 19. Ficha técnica, del saco mi campiña azul	40
Figura 20. Ficha técnica, del saco mi campiña lila.....	41
Figura 21. Ficha técnica, del saco mi campiña verde	42
Figura 22. Ficha técnica, del saco mi campiña roja	43
Figura 23. Ficha técnica, del saco mi campiña naranja	44
Figura 24. Organigrama general de la empresa Molisam I E.I.R.L.....	46
Figura 25. Separador de residuos sólidos.....	48
Figura 26. Descascaradora de arroz paddy.....	48
Figura 27. Clasificadora de la pulidora.....	49
Figura 28. Selectora de la piladora	49
Figura 29. Diagrama de flujo de pilado de arroz.....	50
Figura 30. llenado de saco manualmente	51
Figura 31. Diagrama GANTT de las operaciones de la etapa de ensacado (actual).....	54
Figura 32. Diagrama Hombre – Máquina de la etapa de ensacado	55
Figura 33. Carga del saco de 49 kg por parte de los operarios.....	59
Figura 34. Diagrama de Análisis de Proceso (etapa de ensacado)	62
Figura 35. Gráfico estadístico de la variabilidad de los tiempos de ensacado desde la manipulación de sacos vacíos de 49 kg hasta el retiro de los sacos de la balanza.	64
Figura 36. Bosquejo inicial del proyecto propuesto (efecto normal)	70
Figura 37. Bosquejo inicial del proyecto propuesto (efecto pintura)	71
Figura 38. Diagrama de GANTT de las operaciones de la etapa de ensacado (propuesto/mejorado).....	74

Figura 39. Diagrama Hombre – Máquina de la etapa de ensacado	75
Figura 40. Diagrama del sistema de la etapa de ensacado	78
Figura 41. Saco de arroz.....	83
Figura 42. Faja transportadora – tambor motriz	84
Figura 43. Dimensiones de la banda sintética	88
Figura 44. Dimensiones de la placa de deslice	89
Figura 45. Motor trafásico SAFARO.....	94
Figura 46. Diseño CAD del sistema de llenado de la etapa de ensacado	98
Figura 47. Diseño CAD del sistema de llenado de la etapa de ensacado	99
Figura 48. Estructura principal de la etapa de ensacado	100
Figura 49. Tolva de almacenamiento de arroz	103
Figura 50. Métodos de fijación del cilindro CRDNG.....	104
Figura 51. Máquina de coser portátil Siruba aa6.....	107
Figura 52. Compresor de aire marca Cierzo.....	109
Figura 53. Diagrama de bloques del sistema de control	110
Figura 54. Esquema del proceso (entradas y salidas)	114
Figura 55. PLC TM221CE24T	116
Figura 56. Circuito de fuerza del sistema automatizado	117
Figura 57. Circuito neumático de la etapa de ensacado	118
Figura 58. Circuito de mando del sistema de ensacado	119
Figura 59. Diagrama de movimientos del sistema automatizado	122
Figura 60. Inicio del programa SoMachine	123
Figura 61. Selección de PLC	123
Figura 62. Programación del PLC	124
Figura 63. Apagado del sistema en Somachine	124
Figura 64. Encendido del sistema	125
Figura 65. Cierre del vástago superior - SoMachine	125
Figura 66. Abertura del vástago inferior – SoMachine.....	126
Figura 67. Temporizador de llenado	126
Figura 68. Fin de temporizador	126
Figura 69. Reinicio del sistema de llenado	127
Figura 70. Ajuste del saco	127
Figura 71. Sistema de cosido.....	127
Figura 72. Leyenda utilizada en el programa SoMachine.....	128
Figura 73. Diagrama de Análisis de Proceso (etapa de ensacado)	130

I. INTRODUCCIÓN

(Minagri 2017). En los últimos 16 años la producción de arroz creció a un ritmo de 3,1% anual. En estos 16 años se observó una tendencia ascendente en la producción nacional, el incremento de la producción fue impulsado por un mayor crecimiento de la superficie cosechada, que es de 2,2% anual. Entre las principales regiones con mayor producción en el 2016 se encuentra Lambayeque; la crecida de producción viene incrementando, por lo tanto, las empresas productoras tendrán que producir más para cumplir las expectativas.

Generalmente las empresas que quieren producir más, necesitan implementar maquinaria, mano de obra o materiales, pero también se puede producir más, si el proceso se realiza de forma eficiente, evitando así la implementación de maquinaria nueva o mano de obra, un método para optimizar un proceso es la automatización.

Actualmente existen pequeñas empresas dedicadas a la innovación, cuya tarea propuesta consiste en automatizar los diversos procesos de acuerdo a las necesidades que presenten los clientes, logrando mejorar su producción. Sin embargo, al tratarse de pequeñas empresas, surge la necesidad de optimizar sus procesos internos, logrando implementar una buena línea de automatización y al mismo tiempo poder crecer como organización y tener la capacidad de asumir mayores retos.

La empresa Molisam I E.I.R.L., es una empresa encargada del pilado de arroz paddy. El arroz es uno de los productos más producidos y consumidos en el norte del país. La producción de este producto va en ascenso, por ende, hay más materia prima en el sector.

En la presente tesis el estudio se basa en la etapa de ensacado del proceso de pilado, ya que actualmente es un proceso manual, lo que genera tiempos muertos y tiempos desperdiciados en los cuales se puede producir mayor cantidad de sacos y poder cumplir con las demandas solicitadas, evitando tiempos extras o doble turno.

Como objetivo principal se tiene el automatizar la etapa de ensacado, ya que según (McKinsey 2017), la automatización de las actividades, posibilita que las empresas mejoren su desempeño al reducir los errores y mejorar la calidad y la velocidad; en algunos casos puede llevar a lograr resultados que vayan más allá de la capacidad humana. Como ya lo ha hecho a lo largo de la historia, la automatización también contribuye a mejorar la productividad.

Se tuvo como planteamiento la automatización, para estandarizar tiempos y lograr producir más en el mismo tiempo al que se hacía de forma manual. Para poder lograrlo, se toma como objetivo principal el diseñar un sistema automatizado en la etapa de ensacado para incrementar la productividad de sacos en el molino de arroz MOLISAM I E.I.R.L. Ante ello se plantean cuatro objetivos específicos.

El primero objetivo es diagnosticar la situación actual de la empresa, donde se justificará la situación actual del proceso, como también los indicadores de productividad, la producción por hora, pagos de salarios por horas o turno extra, la cantidad de sacos desperdiciado y la productividad de materia prima. Estos datos servirán como un punto de referencia para el post desarrollo del proyecto y así comparar situaciones, obteniendo diferencias, sean positivas o

negativas en el peor de los casos. Para el desarrollo de este objetivo, se utilizará información otorgada y recopilada por la misma empresa.

En el segundo objetivo, diseñar el sistema de automatización para la etapa de ensacado. Para el desarrollo de este objetivo se realizará el diseño en dos partes; primero el diseño CAD de todo el proyecto, realizado en el programa Solidworks, identificando todas las piezas y componentes para el desarrollo de la tesis y; segundo, el diseño de control, donde se verá reflejado en que sistema se utilizará y se verá el sistema en funcionamiento, indicando los principios por los que se va a utilizar cada componente. Estos datos son obtenidos a través de las fuentes bibliográficas, además de los conocimientos obtenidos en el curso dado de automatización.

Como tercer objetivo se tiene la simulación del sistema automatizado, ya sea un software que sea adecuado al PLC a utilizar, anteriormente determinado a través de las entradas y salidas de todo el funcionamiento del sistema, en este punto se ven los nuevos tiempos, obtenidos a través de la estandarización de estos mismos y reduciendo en un 90% el trabajo manual anteriormente operado en la etapa de ensacado.

Para el cuarto objetivo, realizar el análisis costo – beneficio de la propuesta., se determinará los costos que relacionan el desarrollo y puesta en marcha con la rentabilidad de este mismo, para verificar la viabilidad económica que este proyecto tendrá en la empresa. Se identificarán ingresos, costos y gastos en un determinado tiempo. Así se reflejarán los beneficios y la rentabilidad obtenida de este proyecto.

Un alimento que tendrá un auge aún mayor, es el arroz y es porque todos los días se consume; la población y la demanda aumentan. La producción debe aumentar para satisfacer esta demanda, por ello los procesos deben optimizar tiempos para cumplir con lo solicitado. Con este proyecto se busca aumentar la producción de sacos, optimizando los tiempos de ensacado ya que es la única etapa manual del proceso y hay muchas demoras, sea por los tiempos calibrado de peso, demora en llevar sacos a la parihuela, ayuda del operario O1 al operario O2 a levantar los sacos de arroz, generando fatiga del operario O1.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Beboba (2015), en la investigación titulada “Automated Bagging System” The proposed system resolves an existing problem, where bagging of certain materials, counting the units and processing the data is done manually. In the designed system, the bags are moving on a conveyor belt, driven by a stepper motor. It automatically stops to fill a bag to a desired weight and automatically turns on to position the next bag. Using infrared emitters as sensors the bags are counted and the number is stored in a database. The system is controlled by a microcontroller, which is programmed to continuously check the weight, open and close a solenoid valve and drives the stepper motor.

It was found that the blocks operate as expected and the data sent to the controller serially was accurate. The whole system was tested with a weight of 0.5 kg per bag, corresponding linearly to 1 to 5 V change in voltage across the variable resistor which simulates the strain gauge response. Additional filters had to be used to eliminate the interference from outside sources affecting the operation of the infrared sensors.

The data sent, kept and updated in the database were accurate. Therefore, the cost of import duties and logistics was virtually eliminated.

Beboba (2015), en la Investigación titulada "Sistema de ensacado automatizado" El sistema propuesto resuelve un problema existente, donde hay ensacado de ciertos materiales, contando las unidades y el procesamiento de los datos que se realizan de forma manual. En el sistema diseñado, las bolsas se mueven en una cinta transportadora, impulsado por un motor paso a paso. Se detiene automáticamente para llenar una bolsa con un peso deseado y automáticamente se activa para posicionar la siguiente bolsa. El uso de emisores de infrarrojos como los sensores que cuentan y almacenan el número de bolsas en una base de datos. El sistema está controlado por un microcontrolador, que está programado para comprobar continuamente el peso, abrir y cerrar una válvula de solenoide y acciona el motor paso a paso.

Se encontró que los bloques operan como se esperaba y los datos enviados al controlador en serie era exacta. Todo el sistema se probó con un peso de 0,5 kg por bolsa, que corresponden linealmente a 1-5 V cambio de voltaje a través del resistor variable que simula la respuesta del calibrador de tensión. Los filtros adicionales tuvieron que ser utilizado para eliminar la interferencia de fuentes externas que afecten al funcionamiento de los sensores de infrarrojos. Los datos enviados, mantenimiento y actualización de la base de datos eran correctos. Por lo tanto, el costo de importación, derechos y logística quedó prácticamente eliminado.

Zheng, et al. (2015) "Design of control system for flexible packaging bags palletizing production line based on PLC". The flexible packaging bags palletizing production line is to put the bags in the required area according to particular order and size, in order to finish handing, storage, loading and unloading, transportation and other logistics work of goods. Flexible packaging bags palletizing line is composed of turning bags mechanism, shaping mechanism, indexing mechanism, marshalling mechanism, pushing bags mechanism, pressing bags mechanism, laminating mechanism, elevator, tray warehouse, tray conveyor and loaded tray conveyor. Whether the whole production line can smoothly run depends on each of the above equipment and precision control among them. In this paper the technological process and the control logic of flexible packaging bags palletizing production line is introduced. Palletizing process of the production line realized automation by means of a control system based on programmable logic controller (PLC). It has the advantages of simple structure, reliable and easy maintenance, etc. The movement of the flexible packaging bags palletizing line is various and control system is complex. The control system is applied in the actual production line, the effect is good.

Zheng, et al. (2015) "Diseño del sistema de control de embalaje de bolsas de un sistema de producción flexible lineal basado en PLC". En embalaje de bolsas de producción flexible lineal es poner las bolsas al área requerida de acuerdo al orden y al tamaño, con el fin de terminar la entrega, almacenamiento, carga y descarga, transporte y otros aspectos logísticos de mercancías. El embalaje de bolsas de producción flexible lineal se compone de un mecanismo de giro, mecanismo de conformación, mecanismo de indexación, mecanismo de clasificación, el mecanismo de empuje bolsas, bolsas de presión del mecanismo, mecanismo de laminación, ascensor, almacén de bandeja, transportador de bandejas y el transportador de bandejas cargadas. Para que toda la línea de producción pueda funcionar sin problemas depende de cada uno de los equipos mencionados y del control de precisión entre ellos. En este trabajo se introduce el proceso tecnológico y la lógica de control del embalaje de bolsas de producción flexible lineal. La automatización del embalaje de bolsas de producción flexible lineal se realiza por medio de un sistema de control basado en un controlador lógico programable (PLC). Tiene las ventajas de una estructura simple, el mantenimiento fiable y fácil, etc. El movimiento de la línea de producción flexible de embalaje de bolsas es variado y el sistema de control es complejo. El sistema de control se aplica en la línea de producción real, el resultado es bueno.

Salazar (2013), en la investigación "diseño e implementación de la automatización del sistema de dosificación de gránulo mineral en costales de 50 kilos para la empresa "IMBAPETROS", en este artículo se presenta la descripción del diseño y la implementación de un sistema de dosificación automático para gránulo mineral en costales de 50 kilos. Con la finalidad de manejar el sistema de forma automática se incorporó un controlador lógico programable (PLC) con un módulo analógico, para realizar la lectura de la señal proveniente de los sensores. Se consideró al operario por lo que se añadió una pantalla táctil como

interfaz con la máquina. La aplicación se desarrolló considerando que debe ser sencilla de operar, óptima, y segura. Se obtiene una tendencia a mantener un valor promedio de 99.2 libras por saco ensacado, sin sobrepasar la tolerancia de 2 %, los mayores picos se presentan con máximo de 100 libras, y con un mínimo de 98.3 libras. En el caso de ser necesario el sistema cuenta con calibraciones tanto mecánicas, como electrónicas que permiten mantener un valor constante en el set point. El sistema concluyó siendo amigable al operador, de fácil uso y con la ventaja de poder añadir funciones adicionales a la maquinaria.

Rosero Luis (2013). En la investigación titulada “Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50 kg”, consta de un sistema de control para el pesado de una balanza en el proceso de llenado de harina en forma rápida y precisa según normas técnicas de producción, el peso que es de 50 kg y busca aumentar la cantidad de sacos producidos en una hora. La metodología es la de usar un subsistema de control, que realiza la adquisición de datos que envía la plataforma de pesaje que a través de una celda de carga genera una señal, esta se ingresa a un programa informático en un PLC que acciona un sistema de cierre y apertura de la salida de la tolva; un subsistema mecánico, que consta de un mecanismo de ajuste de los sacos en la salida de la tolva con la finalidad de mantener sujeto el saco y evitar que el producto se derrame mientras se llena, y otro mecanismo para abrir o cerrar la válvula de mariposa que está incorporada en la tolva y; un subsistema de respuesta en el cual están vinculados las electroválvulas que accionarán a los cilindros neumáticos para dar inicio y fin del proceso de llenado y pesado de la harina, para obtener un 75% de aumento en la producción de sacos por hora, llegando a la conclusión que mediante la implementación del sistema de control se optimiza el proceso de llenado de sacos de harina, reduciendo tiempo y aumentando la producción diaria de sacos elaborados y la utilización de PLCs en procesos industriales ayuda aumentar la producción, mejorando la calidad del producto, además, modernizar las instalaciones de la industria, mediante la utilización de la tecnología actual existente en nuestro medio.

2.2 BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

2.2.1 PRODUCTIVIDAD

Según García (2005). 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.

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

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

$$Productividad = \frac{Recursos logrados}{Recursos empleados}$$

Según Heizer (2007). 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.

2.2.1.1 Índice de productividad parcial

Es la relación que existe entre la producción y uno de los recursos que se han utilizado para producción, valorados en una unidad de medida común. En otras palabras, relacionan el volumen de producción con un único factor. Por ejemplo, mano de obra.

- **Productividad de Mano de Obra**

$$P_{MO} = \frac{Producción}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

- **Productividad económica**

$$P_{Capital} = \frac{Producción}{Inversión \text{ en materiales}}$$

Criollo (2005). La variación de la productividad se determina por la siguiente fórmula:

$$\Delta p = \frac{\textit{Productividad de mejora} - \textit{Productividad actual}}{\textit{Productividad actual}}$$

- **Eficiencia:**

Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera. Indicadores:

- Tiempos muertos
- Desperdicios
- Porcentaje de utilización de la capacidad diseñada

Eficiencia física:

Relación aritmética entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima, o insumos, empleados.

$$\textit{Eficiencia física} = \frac{\textit{Salida útil de Materia Prima}}{\textit{Entrada de MP}}$$

- **Capacidad:**

Chauvel, (1992). Número de unidades por producir en un lapso de tiempo determinado.

- Capacidad diseñada: es la capacidad máxima que tiene la maquinaria.
- Capacidad real: es la capacidad que espera alcanzar la empresa.
- Capacidad ociosa: se define como la diferencia entre la capacidad diseñada y la capacidad real.
- Utilización:

$$\textit{Utilización} = \frac{\textit{Producción Real}}{\textit{Capacidad diseñada}}$$

2.2.2 MEDICIÓN DEL TRABAJO

Vásquez (2005). Consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según un método de trabajo prestablecido. Para lo cual es necesario observar el trabajo a efectuarse.

García (2005). El número de ciclos para observarse y para obtener un tiempo medio representativo de una operación determinada se puede hacer con los siguientes procedimientos:

a) Usando el criterio de la tabla Westinghouse

La tabla Westinghouse obtenida empíricamente, da el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo y del número de piezas que se fabrican al año.

Tabla 1. Tabla Westinghouse

Cuando el tiempo por ciclos es: (Horas)	Número mínimo de ciclos a estudiar		
	Actividad más de 10 000 por año	1 000 a 10 000	Menos de 1 000
1	5	3	2
0,80	6	3	2
0,500	8	4	3
0,300	10	5	4
0,200	12	6	5
0,120	15	8	6
0,080	20	10	8
0,050	25	12	10
0,035	30	15	12
0,020	40	20	15
0,012	50	25	20
0,008	60	30	25
0,005	80	40	30
0,003	100	50	40
0,002	120	60	50
Menos de 0,002	140	80	60

Fuente: García 2005

b) Usando criterio de tabla General Electric

La tabla General Electric, da el número de observaciones en función de la duración del ciclo.

Tabla 2. Tabla General Electric

Tiempo de ciclo (minutos)	Numero de ciclos que cronometrar
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1	30
2	20
4 - 5	15
5 - 10	10
10 - 20	8
20 - 40	5
Más de 40	3

Fuente: García 2005

Estos procedimientos se aplican cuando se realizan un gran número de observaciones.

2.2.3 DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA

Vásquez (2005). El diagrama Hombre – Máquina consiste en un gráfico (Fig. 18) que muestra el trabajo coordinado y simultáneo entre el hombre y la máquina.

Se pueden dar los siguientes casos:

- Trabajo de 1 hombre en 1 máquina.
- Trabajo de 1 hombre en varias máquinas.
- Trabajo de varios hombres y máquina.

Entre los indicadores obtenidos post gráfico, se pueden determinar:

- **Producción por hora**

$$= \frac{\text{Unidades de tiempo en 1 hora}}{\text{Tiempo total del ciclo}}$$

- **Eficiencia de la máquina**

$$= \frac{\text{Tiempo de ciclo de la máquina}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \times 100$$

- **Saturación del operario**

$$= \frac{\text{Tiempo de trabajo del hombre}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \times 100$$

Diagrama Hombre Máquina						
Operación _____		Pag. N° _____ De _____				
Máquina Tipo _____		Fecha _____				
Departamento _____		Realizado por _____				
	HOMBRE	Tiempo	MAQUINA 1	Tiempo	MAQUINA 2	Tiempo
1						
2						
3	Descarga y carga Maq 2	5'	Descarga y carga Maq 2	5'		
4						
5						
6	Camino a Maq. 2	1'				
7	Limpio la pieza de W	1'				
8			Maquinado 1	6'		
9						
10	Descarga y carga Maq 2	5'			Descarga y carga Maq 2	5'
11						
12						
13	Camino a Maq. 1	1'	Tiempo muerto	3'		
14	Limpio la pieza de W	1'				
15					Maquinado 2	6'
16						
17	Descarga y carga Maq 1	5'	Descarga y carga Maq 1	5'		
18						

Figura 1. Ejemplo diagrama Hombre – Máquina

Fuente: Vásquez, 2005

2.2.4 AUTOMATIZACIÓN

Barbado, s.d. (2013). La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción a un conjunto de elementos tecnológicos, anteriormente realizadas por operadores humanos y actualmente sustituidos por dispositivos capaces de tomar decisiones, realizar cálculos y trabajos rutinarios.

La automatización busca:

- Mejorar la productividad, reduciendo los costes de producción y mejorando la calidad de la misma.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual y manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo prever las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.
- Mejorar los sistemas de seguridad en el ámbito de las personas y de las máquinas.

Partes de un sistema automatizado

Según Piedrafita, 2004. La automatización se divide en:

- Parte Operativa
- Parte de Mando

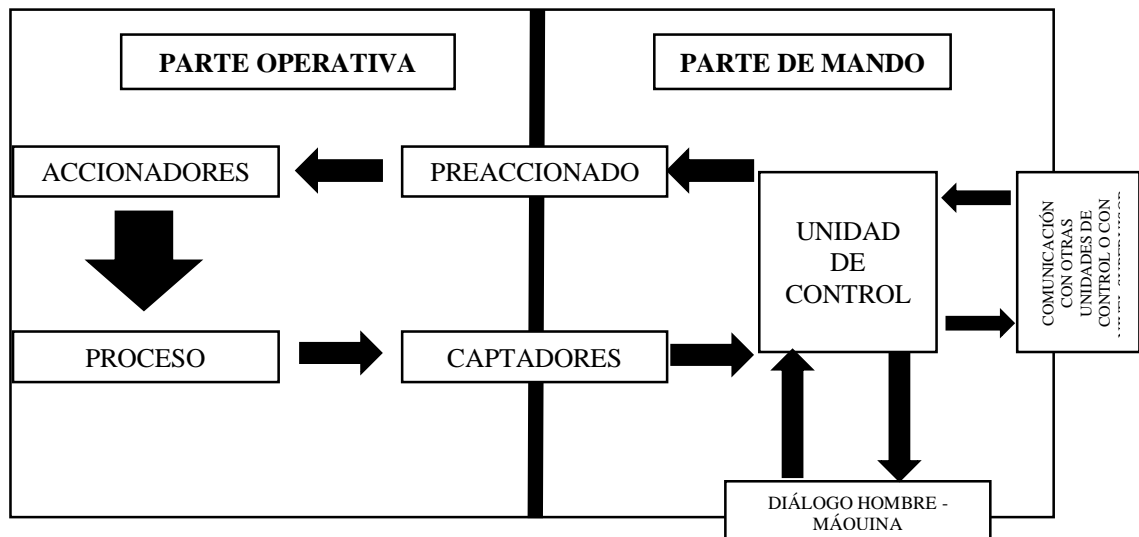


Figura 2. Partes operativas y de mando de un sistema automatizado

Fuente: Piedrafita (2004)

2.2.4.1 Parte Operativa

Barbado, s.d. (2013). La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación. Forman parte de ella los accionadores de las máquinas como son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos, accionadores hidráulicos, compresores, bombas y los captadores como finales de carrera, detectores inductivos, detectores fotoeléctricos.

A. Accionadores

Están acoplados a máquinas para realizar movimientos, calentamientos; son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos.

c) Accionadores eléctricos

Utilizan como fuente de energía la eléctrica y tomo muy diferentes formas como son: válvulas eléctricas, motores eléctricos de velocidad variable, motores de velocidad fija, resistencia de calentamiento, cabeza de soldadura, cabeza de corte por láser. Los motores eléctricos son adecuados para movimientos angulares y en el control de velocidad de ejes.

d) Accionadores neumáticos

Utilizan como fuente de energía el aire comprimido. El aire comprimido se obtiene por medio de un grupo compresos, y luego se distribuye por la fábrica a máquinas que lo utilicen. Los accionadores neumáticos son principalmente cilindros. Son adecuados para aplicarlos en movimientos lineales cortos que se producen, por ejemplo, en operaciones de transferencia, ensamblajes, aprietes, mercados.

Clasificación de los actuadores neumáticos

Guillen (1993). El cilindro neumático independientemente de su forma constructiva, representa el actuador más común que se utilizado en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales, de los cuales derivan construcciones especiales.

- **Cilindros de simple efecto:** con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido. Un cilindro de simple efecto (Figura 4) desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

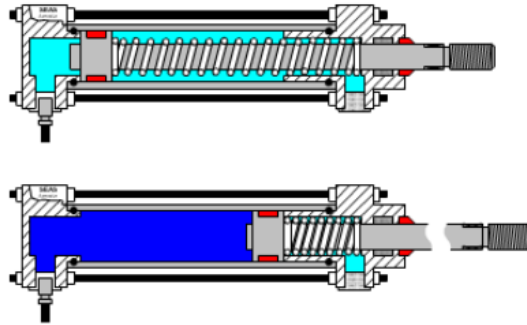


Figura 3. Cilindro de Simple efecto
Fuente: cursos aiu

- Cilindros de doble efecto:** Los cilindros de doble efecto son aquellos elementos neumáticos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí pueden realizar trabajo en ambos sentidos. Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexasiónado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara. cilindro doble efecto.

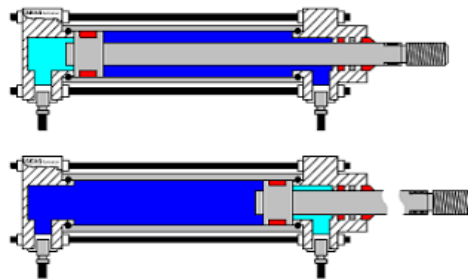


Figura 4. Cilindro de doble efecto
Fuente: cursos.aiu

B. Captadores

Son elementos que informan al órgano de mando del estado del sistema o de los eventos que suceden en él. Los captadores captan las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro. Detectan, posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración.

2.2.4.2 Parte de Mando

La parte de mando suele ser un autómata programable. En un sistema de fabricación automatizado está el autómata programable en el centro del sistema. El autómata programable debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

A. Tecnologías cableadas

Con este tipo de tecnología, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Balcells – Romeral (1991). Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización del automatismo son:

- a) Relés electromagnéticos.
- b) Módulos lógicos neumáticos.
- c) Tarjetas electrónicas.

B. Controladores

Micro controlador

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres funciones de un computador: unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periférico. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y el conjunto forma lo que se conoce como microcomputadora. Es decir, que un microcontrolador es una microcomputadora encapsulada en un circuito integrado.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los micro controladores

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Son económicos• Son fáciles de programar, ya que solo se necesita un computador y se puede grabar mediante diferentes puertos, como por ejemplo el serie o USB.• Existen varios softwares que programan un microcontrolador como por ejemplo PICC y MPLAB	<ul style="list-style-type: none">• Dependiendo de la aplicación su programación puede ser complicada, porque a veces se necesita hacer muchas instrucciones para realizar una tarea.• En el campo electrónico lo afecta mucho el ruido eléctrico.• Sus partes físicas de conexión son muy delicadas.• Se quema de manera fácil• Lo afecta la humedad y cambios de temperatura.• No se recomiendan para usarlo en la industria.

Fuente: Chavez 2014

C. Autómatas programables

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas. En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

- Los ordenadores.
- Los autómatas programables

El ordenador, como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones del proceso. Pero, al mismo tiempo, debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

(Balcells – Romeral, 1991). Un autómata programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

D. PLC (Controlador Lógico Programable)

Dahl-Skog (2012). Un Controlador Lógico Programable, o P.L.C. (Programmable Logic Controller) es un computador especialmente diseñado para automatización industrial, para el control de una máquina o proceso industrial.

A diferencia de un computador tradicional, un PLC no tiene teclado, pantalla ni ratón, tampoco tienen disco duro ni Windows. Pero internamente si es un computador, con su hardware: procesadores, memoria, puertos de comunicación, etc. y con su software: un sistema operativo (que le llaman Firmware), y una programación, específica para la aplicación o el caso particular en que se está usando.

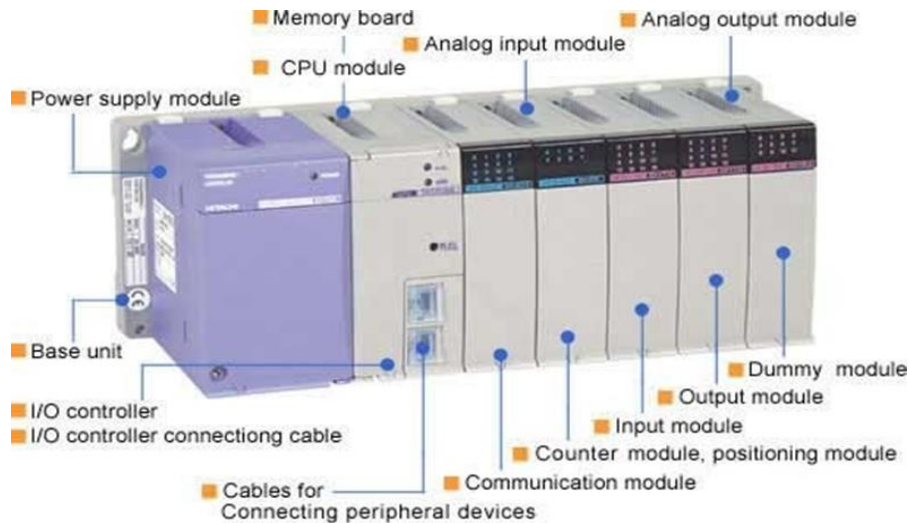


Figura 5. Partes de un PLC

Fuente: Dahl-Skog (2012)

Un PLC permite controlar o proteger un proceso industrial, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas), presentándolas en un HMI (Human-Machine Interface) o pantalla de operación, o presentándolas a una red de control superior.

Un PLC es un ejemplo de control en tiempo real, pues reacciona automáticamente ante las condiciones variables que está vigilando. Un PLC puede ser parte de un sistema de control distribuido (DCS), puede ser parte de un SCADA o puede ser parte del sistema de seguridad.

Un DCS (Distributed Control System). Es un sistema de control de un proceso (de una planta industrial) formado por una red de controladores. Un DCS está orientado al control en tiempo real del proceso. En cambio, se habla de un SCADA, cuando es una red orientada al monitoreo de equipos distantes (no control en tiempo real). En cambio, un Sistema de seguridad, o SIS (Safety Instrumented System) es algo distinto a un sistema de control, es la protección para cuando el proceso (o la maquina) se sale de control.

a) Lenguaje de programación de los PLCs

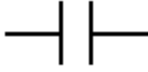
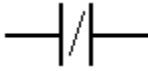
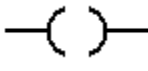

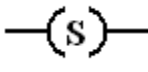
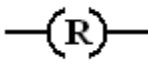
Los lenguajes de programación para los PLCs surgieron junto a la aparición del primer PLC en 1968, esto explica por qué no fueron utilizados los lenguajes de alto nivel como Pascal y C y, en su lugar, se emplearon otros lenguajes más simples y fáciles de entender. Entre los cuales son:

- Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC), un lenguaje de bloques de funciones secuenciales.
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD), un lenguaje de diagrama de bloques secuenciales.
- **Diagrama de Tipo Escalera (LAD), un lenguaje de diagramas de relés (denominado tipo escalera).**
- Texto Estructurado (ST), un lenguaje de alto nivel como el del tipo de texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal).
- Lista de Instrucciones (IL o STL), lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

b) Símbolos de lógica de lenguaje escalera o ladder

El lenguaje LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

Tabla 4. Simbología de lectura de escalera

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Fuente: Delta (2011)

2.2.5 SISTEMA DE CONTROL

(W. Bolton 2001). Un sistema se puede interpretar como una caja negra que tiene una entrada y una salida. Se considera una caja negra porque en realidad no importa qué tiene dentro, sino la relación entre la salida y la entrada. Este sistema es de control si la salida se controla de modo que pueda adoptar un valor o cambio en particular de alguna manera definida.

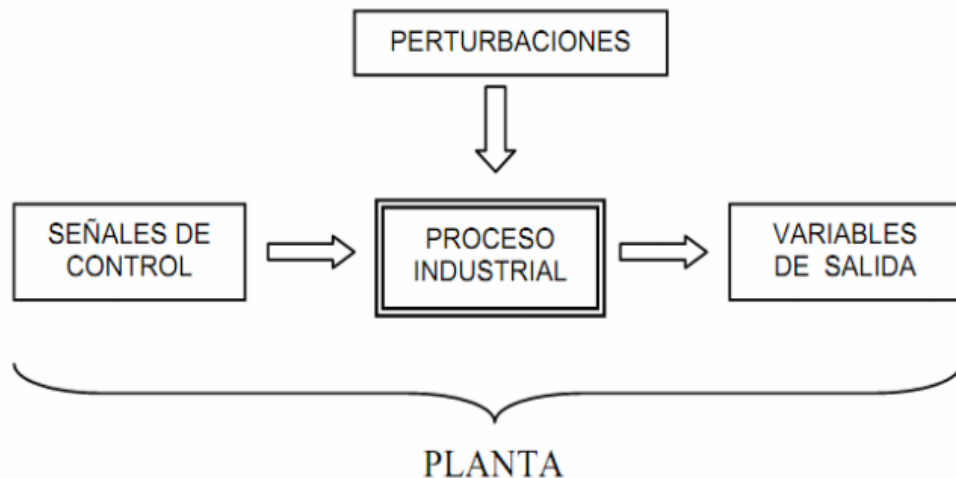


Figura 6. Control en procesos industriales
Fuente: Bolton 2001

2.2.5.1 Perturbaciones

(Ogata, 2010). Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y es una entrada. Son aquellas acciones que no dependen de un sistema de control ni del operario, pero intervienen positiva o negativamente en el proceso (por ejemplo, si se desea mantener una temperatura constante en un tanque, la temperatura ambiental actuará e interferirá con el calor del tanque).

2.2.5.2 Variables

(Ogata 2010). Se define como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido. Pueden ser:

- **Variable Controlada:** es la cantidad o condición que se mide y controla. Normalmente, la variable controlada es la salida del sistema.
- **Variable Manipulada:** es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.
- **Variable Medida:** Es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.

2.2.5.3 Elementos de un sistema de control automatizado

Son los componentes que le van a dar la particularidad de ser automático, es decir, el sistema de control va a actuar independiente del operario y va a determinar por sí mismo los mejores valores para las señales de control. Para ello se contará con una referencia, que es un valor dado por el operario, este valor es fijo y depende del tipo de proceso y de

las exigencias que este amerite; es conocido como set-point , este valor es el que se desea alcanzar y mantener.

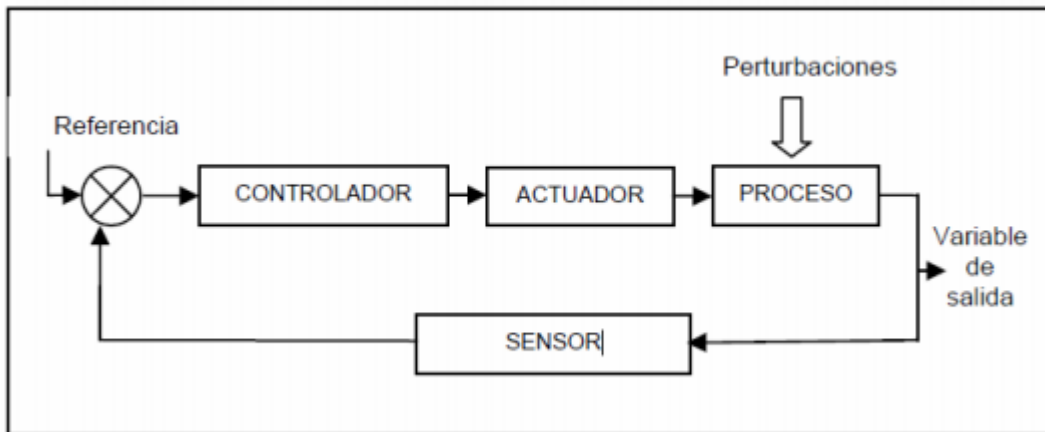


Figura 7. Control en procesos industriales

Fuente: Ogata 2010

A. Controlador

Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia. Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico.

B. Actuador

Es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como elemento final de control.

C. Proceso

Está referido al equipo que va a ser automatizado, por ejemplo, puede ser una bomba.

D. Sensor

Es un elemento de medición de parámetros o variables del proceso. Los sensores pueden ser usados también como indicadores, para transformar la señal medida en señal eléctrica. Los cuales pueden ser:

- **Sensores Inductivos:** Canto (2012). Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos. Entre una de sus ventajas es que no entran en contacto directo con el objeto a detectar. Entre sus aplicaciones son:
 - Pueden ser utilizados para detectar la presencia o ausencia de una pieza metálica.
 - Revisan si una válvula está totalmente abierta o cerrada.

- Detectan tabla de posiciones para determinar la velocidad, contando los dientes de un engrane.
- Posicionamiento del ascensor.
- **Sensores Capacitivos:** Itriago (2003). Los sensores capacitivos son similares a los inductivos. La principal diferencia entre los dos tipos es que los sensores capacitivos producen un campo electrostático en lugar de un campo electromagnético, detectan objetos metálicos y materiales no metálicos tal como papel, vidrio, líquidos y tela. Entre sus aplicaciones son:
 - Comprobación embalaje - contenido
 - Verificación del nivel de llenado.
 - Control de calidad y presencia.
 - Detección de etiquetas sobre láminas portadoras.
- **Sensor Ultrasónicos:** Iglesias (2006) estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales.
 - Control de curva.
 - Mediciones en robótica.
 - Detección de personas para conteo.
 - Detección para el contaje en alta velocidad.
- **Galgas Extensiométricas:** Una galga extensiométrica es un transductor pasivo, que aplicado sobre un elemento sensor, permite medir la fuerza ejercida sobre él a partir de la deformación resultante. Consta de un alambre muy fino arreglado en forma de rejilla. Las fuerzas de compresión, tracción o flexión, aplicadas sobre este material, generan deformaciones que son transmitidas a la galga.
- **Celdas de carga:** Una celda de carga es un transductor de fuerza que está compuesta de dos partes, una parte es un sólido elástico que absorbe las cargas y se deforma proporcionalmente a la magnitud medida, generalmente es una pieza metálica, y la otra parte consiste en un elemento sensible a la deformación, capaz de variar alguna de sus propiedades físicas y así obtener una variación de una señal eléctrica proporcional a esta variable. Las celdas de carga, son utilizadas en prácticamente todos los sistemas de pesaje electrónicos.

2.2.5.4 Tipos de sistema de control

(Ogata, 2011). En base a su principio de funcionamiento los sistemas de control pueden emplear o no, información acerca de la planta, a fin de elaborar o no, estrategias de supervisión y control, se cuenta con dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y lazo cerrado.

A. Sistema de control de lazo abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora

operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto.

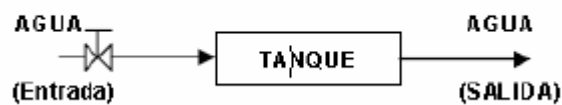


Figura 8. Sistema de lazo abierto
Fuente: USAT

B. Sistema de control de lazo cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.



Figura 9. Sistema de lazo cerrado
Fuente: Ogata, 2011

2.2.5.5 Tipos de procesos industriales

Los procesos industriales se clasifican en:

Procesos Discretos: Aquellos procesos donde la salida de los procesos se produce en forma de unidades o un número finito de piezas, por ejemplo, la producción de automóviles.

Procesos Bacht: Aquellos donde la salida de los procesos se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, por ejemplo, la producción de gaseosas.

Procesos Continuos: Aquellos donde la salida es en flujo continuo, no tiene para hasta que se acabe toda la producción, por ejemplo, la producción de biocombustible.

2.2.5.6 Función de transferencia

Ogata (2011). La función de transferencia de un sistema descrito mediante una ecuación diferencial lineal e invariante en el tiempo se define como el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) bajo la suposición de que todas las condiciones iniciales son cero.

Considérese el sistema lineal e invariante en el tiempo descrito mediante la siguiente ecuación diferencial:

$$\begin{aligned} a_0 y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \dots + a_{n-1} \dot{y} + a_n y \\ = b_0 x^{(m)} + b_1 x^{(m-1)} + \dots + b_{m-1} \dot{x} + b_m x \quad (n \geq m) \end{aligned}$$

donde y es la salida del sistema y x es la entrada. La función de transferencia de este sistema es el cociente de la transformada de Laplace de la salida y la transformada de Laplace de la entrada cuando todas las condiciones iniciales son cero, o

$$\begin{aligned} \text{Función de transferencia} = G(s) &= \frac{\mathcal{L}[\text{salida}]}{\mathcal{L}[\text{entrada}] \Big|_{\text{condiciones iniciales cero}}} \\ &= \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n} \end{aligned}$$

A partir del concepto de función de transferencia, es posible representar la dinámica de un sistema mediante ecuaciones algebraicas en s . Si la potencia más alta de s en el denominador de la función de transferencia es igual a n , el sistema se denomina sistema de orden n -ésimo.

2.2.5.7 Controladores autónomos

Ogata (2011). Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control. LA figura 12 es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error que, por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, como un motor o una válvula neumáticos, un motor hidráulico o un motor eléctrico. (El actuador es un dispositivo de

potencia que produce la entrada para la planta de acuerdo con la señal de control, a fin de que la señal de salida se aproxime a la señal de entrada de referencia.)

El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable manejable, como un desplazamiento, una presión o un voltaje, que pueda usarse

para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento está en la trayectoria de realimentación del sistema en lazo cerrado. El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de realimentación del sensor o del elemento de medición.

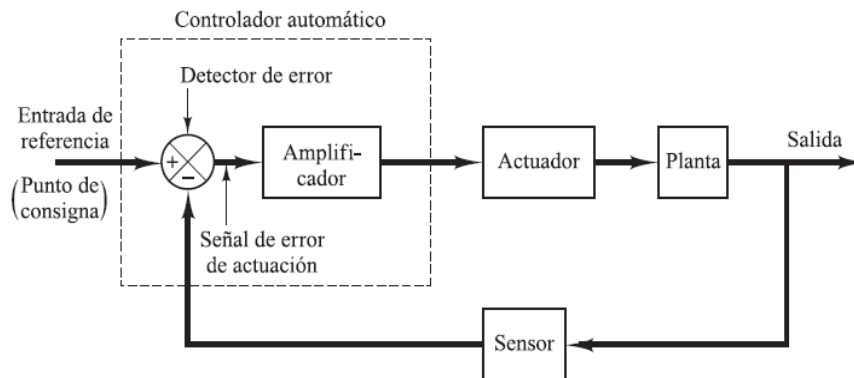


Figura 10. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial
Fuente: Ogata, 2011

2.2.6 FAJA TRANSPORTADORA

(UTFSM). Las bandas o fajas transportadoras son aparatos lineales, que tienen por finalidad transportar materiales sólidos, a granel y entre otros.

2.2.6.1 Tipos de bandas

A. Dependiendo de la movilidad

Se denominan cintas fijas aquéllas cuyo emplazamiento no puede cambiarse. Por el contrario, las bandas móviles están provistas de ruedas u otros sistemas que permiten un cambio fácil de ubicación. Generalmente se construyen con altura regulable mediante un sistema que permite variar la inclinación de transporte.

B. Dependiendo de la posición

En función de la posición en la que se encuentre la banda o las posiciones que ocupen sus diferentes módulos o partes, las cintas transportadoras se clasifican según muestra la Figura 13.

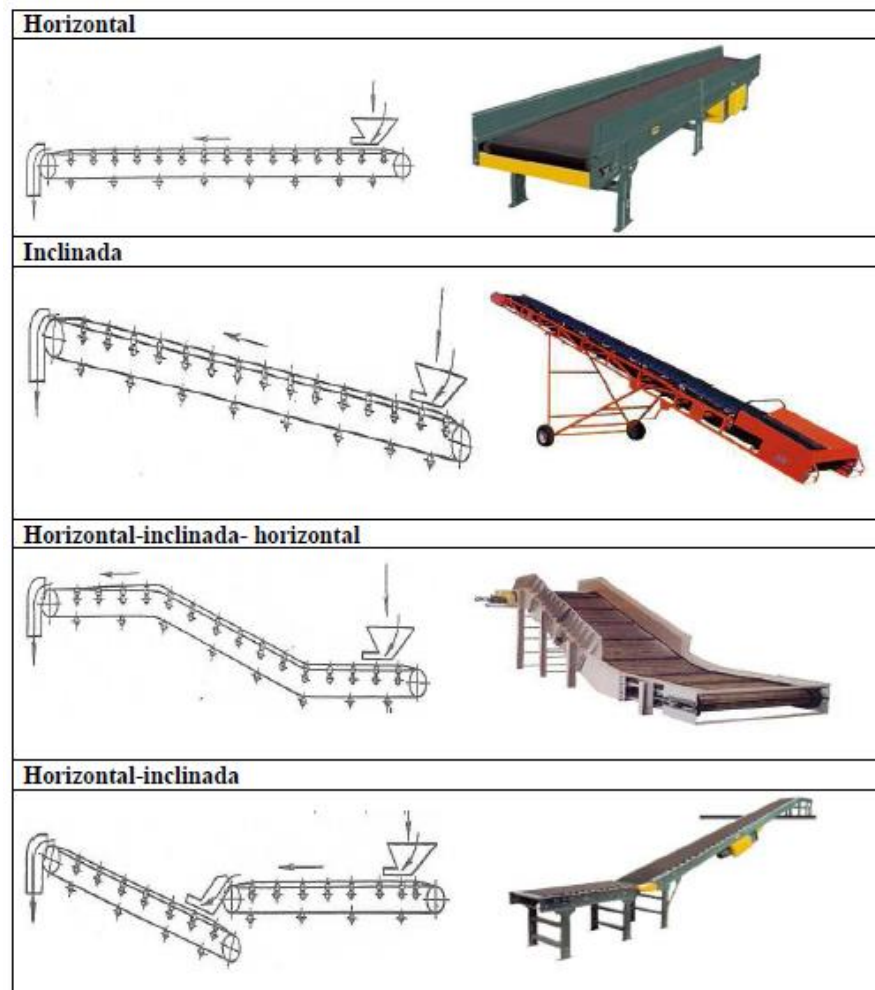


Figura 11. Clasificación de las bandas dependiendo de su posición.
Fuente: Sanz 2011

2.2.6.2 Elementos que conforman un transportador.

(UTFSM). Un transportador motorizado horizontal o sea diagonal, consta regularmente de las siguientes partes:

- A. Bastidor o cama:** lámina o estructura conformada diseñada para diversas longitudes y muchos anchos.
- B. Rodillo:** es un tubo de hierro con un eje de acero a través del mismo. Las poleas se colocan en cada extremo de la cama. El eje de la polea gira sobre rodamientos (Figura 14), el cual representa el medio de impulso motriz para la banda.



Figura 12. Polea de un Transportador.
Fuente: Descom 2009

- C. Rodamientos:** cuando dos piezas de acero se tocan entre sí no se pueden mover fácilmente sin estos elementos. Los rodamientos (Fig. 10) se usan para evitar que el eje de la polea y el bastidor del transportador rocen entre sí, permitiendo disminuir la fricción cuando gira el eje.



Figura 13. Rodamiento rígido de bolas
Fuente: Descom 2009

D. Polea "a" o polea motriz; polea "b" o polea de retorno: La polea motriz es generalmente más larga ya que ésta realiza el trabajo. Regularmente la polea motriz gira por medio de un motor, siendo impulsada por medio de catarinas y cadena de transmisión.

2.2.6.3 Material de las bandas

Bandas de PVC con grabado en relieve de la cobertura superior para transportes inclinados la, en ascenso o descenso cual se muestra en la figura 16. La mayoría es de dos telas, con trama rígida y antiestática. También las hay alimentarias, resistentes a la abrasión. Recomendadas para aeropuertos y paquetería, bultos de forma irregular, productos orgánicos a granel, etc.

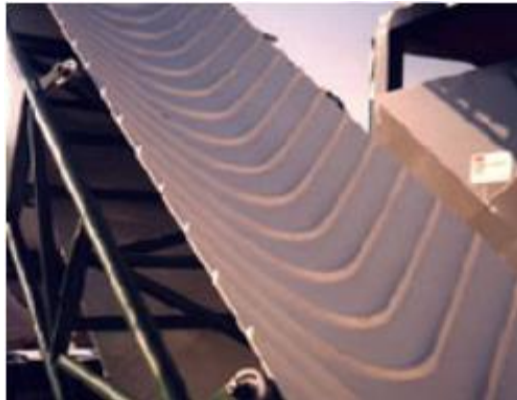


Figura 14. Banda PVC
Fuente: Descom 2009

Bandas de PVC, PU o cobertura superior de tejidos de poliéster, atóxicos y resistentes a aceites y grasas animales y vegetales. Se trata de una gama muy amplia apropiada para la industria alimentaria, pero también puede recomendarse en otras aplicaciones. Casi todas son de color blanco y trama rígida, pero también las hay azules y de color crudo, y algunas son flexibles se observa un ejemplo en la figura 17.



Figura 15. Banda de PVC, PU
Fuente: Central de mangueras (2016)

Bandas de PVC o PU lisas de color verde para aplicaciones que requieran una resistencia fuerte a aceites y grasas minerales, o a la abrasión. Todas son de trama rígida y su cobertura inferior puede ser de tejido de poliéster, con cobertura grabada o impregnadas. La mayoría son antiestáticas y resistentes al corte y las de PU son alimentarias. Su gama de aplicaciones es muy amplia y se puede observar en la figura 18.



Figura 16. Bandas de PVC o PU lisas
Fuente: Descom 2009

III. RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

La empresa Molisam I E.I.R.L es una empresa industrial que se dedica al servicio de pilado de arroz. La empresa empezó sus actividades el 01 de junio del 2013, teniendo un gran avance en el mercado en tan poco tiempo. La empresa tiene como RUC 20539149424, es un tipo de empresa Individual de Responsabilidad Limitada.

Datos generales de la empresa

- RUC: 20539149424
- Razón Social: Molisam I E.I.R.L
- Página Web: No tiene página web
- Tipo Empresa: Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
- Condición: Activo
- Fecha Inicio Actividades: 01 de junio del 2013
- Actividad Comercial: Elaboración de Productos de Molinería
- CIU: 15316

3.1.2 PRODUCTO PRINCIPAL

El producto principal es el arroz blanco, propio de la zona (Lambayeque), este producto se muestra



Figura 17. Arroz Blanco
Fuente: Molisam I E.I.R.L.

El producto principal, el arroz blanco se presenta en varios tipos, como se observa en la siguiente tabla:

PRODUCTO	PRESENTACIÓN
MI CAMPIÑA AZUL	
MI CAMPIÑA LILA	
MI CAMPIÑA VERDE	
MI CAMPIÑA ROJO	
MI CAMPIÑA NARANJA	

Figura 18. Presentación de los sacos de arroz blanco
Fuente: Molisam I E.I.R.L.

Cada producto se diferencia del otro por la cantidad de grano quebrado que tiene, además de que el saco naranja es de la propia marca, siendo este último la nueva innovación que se hace en la empresa, las características de cada saco se muestran en las fichas técnicas siguientes:

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
Nombre del proveedor	MOLISAM I E.I.R.L.
Dirección de planta	CARRETERA PANAMERICANA NORTE ANTIGUA KM. 4 MOCCE ANTIGUO
Denominación del producto	MI CAMPIÑA AZUL
Variedad	ESPERANZA
Presentación	kg, 5kg, 49kg
Registro sanitario	E1517315NMOMLER
Fecha de emisión Reg. Sanitario	LIMA, 26 DE AGOSTO DEL 2015
1. Descripción del producto	
Arroz pilado	
2. Especificaciones técnicas	
2.1 Características Físico - Químicos	
Humedad	12,5% - 13,0%
Granos rojos	0,0% MAX
Materia extraña	0,25% MAX
Mezcla varietal	
Quebrado	18%
Granos tizados totales	3%
Granos tizados parciales	4%
Granos dañados	0,00%
Blancura	36° - 38° ket
2.2 Características microbiológicas	
Mohos 10e4-10e5 ufc/g	
2.3 Características organolépticas	
Sabor	AGRADABLE
Olor	CARACTERÍSTICO
Color	BLANCO CREMOSO
Textura	BIEN PULIDO
Tamaño	LONGITUD 7MM ANCHO 2MM
3. Envase	
SACO DE POLIPROPILENO	
4. Condiciones de transporte y almacenamiento	
CONSERVAR EN UN LUGAR FRESCO	
5. Tiempo de vida útil	
1 AÑO	
6. Forma de preparación	
2 1/4 TAZA DE AGUA POR 2 TAZAS DE ARROZ	

Figura 19. Ficha técnica, del saco mi campiña azul

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
Nombre del proveedor	MOLISAM I E.I.R.L.
Dirección de planta	CARRETERA PANAMERICANA NORTE ANTIGUA KM. 4 MOCCE ANTIGUO
Denominación del producto	MI CAMPIÑA LILA
Variedad	ESPERANZA
Presentación	kg, 5kg, 49kg
Registro sanitario	E1517315NMOMLER
Fecha de emisión Reg. Sanitario	LIMA, 26 DE AGOSTO DEL 2015
1. Descripción del producto	
Arroz pilado	
2. Especificaciones técnicas	
2.1 Características Físico - Químicos	
Humedad	12,5% - 13,0%
Granos rojos	0,0% MAX
Materia extraña	0,25% MAX
Mezcla varietal	
Quebrado	22%
Granos tizados totales	3%
Granos tizados parciales	4%
Granos dañados	0,1%
Blancura	36° - 38° ket
2.2 Características microbiológicas	
Mohos 10e4-10e5 ufc/g	
2.3 Características organolépticas	
Sabor	AGRADABLE
Olor	CARACTERÍSTICO
Color	BLANCO CREMOSO
Textura	BIEN PULIDO
Tamaño	LONGITUD 7MM ANCHO 2MM
3. Envase	
SACO DE POLIPROPILENO	
4. Condiciones de transporte y almacenamiento	
CONSERVAR EN UN LUGAR FRESCO	
5. Tiempo de vida útil	
1 AÑO	
6. Forma de preparación	
2 1/4 TAZA DE AGUA POR 2 TAZAS DE ARROZ	

Figura 20. Ficha técnica, del saco mi campiña lila

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
Nombre del proveedor	MOLISAM I E.I.R.L.
Dirección de planta	CARRETERA PANAMERICANA NORTE ANTIGUA KM. 4 MOCCE ANTIGUO
Denominación del producto	MI CAMPIÑA VERDE
Variedad	ESPERANZA
Presentación	kg, 5kg, 49kg
Registro sanitario	E1517315NMOMLER
Fecha de emisión Reg. Sanitario	LIMA, 26 DE AGOSTO DEL 2015
1. Descripción del producto	
Arroz pilado	
2. Especificaciones técnicas	
2.1 Características Físico - Químicos	
Humedad	12,5% - 13,0%
Granos rojos	0,0% MAX
Materia extraña	0,25% MAX
Mezcla varietal	
Quebrado	15%
Granos tizados totales	3%
Granos tizados parciales	4%
Granos dañados	0,5%
Blancura	36° - 38° ket
2.2 Características microbiológicas	
Mohos 10e4-10e5 ufc/g	
2.3 Características organolépticas	
Sabor	AGRADABLE
Olor	CARACTERÍSTICO
Color	BLANCO CREMOSO
Textura	BIEN PULIDO
Tamaño	LONGITUD 7MM ANCHO 2MM
3. Envase	
SACO DE POLIPROPILENO	
4. Condiciones de transporte y almacenamiento	
CONSERVAR EN UN LUGAR FRESCO	
5. Tiempo de vida útil	
1 AÑO	
6. Forma de preparación	
2 1/4 TAZA DE AGUA POR 2 TAZAS DE ARROZ	

Figura 21. Ficha técnica, del saco mi campiña verde

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
Nombre del proveedor	MOLISAM I E.I.R.L.
Dirección de planta	CARRETERA PANAMERICANA NORTE ANTIGUA KM. 4 MOCCE ANTIGUO
Denominación del producto	MI CAMPIÑA ROJO
Variedad	ESPERANZA
Presentación	kg, 5kg, 49kg
Registro sanitario	E1517315NMOMLER
Fecha de emisión Reg. Sanitario	LIMA, 26 DE AGOSTO DEL 2015
1. Descripción del producto	
Arroz pilado	
2. Especificaciones técnicas	
2.1 Características Físico - Químicos	
Humedad	12,5% - 13,0%
Granos rojos	0,0% MAX
Materia extraña	0,25% MAX
Mezcla varietal	5%
Quebrado	15%
Granos tizados totales	2%
Granos tizados parciales	3%
Granos dañados	0,0%
Blancura	36° - 38° ket
2.2 Características microbiológicas	
Mohos 10e4-10e5 ufc/g	
2.3 Características organolépticas	
Sabor	AGRADABLE
Olor	CARACTERÍSTICO
Color	BLANCO CREMOSO
Textura	BIEN PULIDO
Tamaño	LONGITUD 7MM ANCHO 2MM
3. Envase	
SACO DE POLIPROPILENO	
4. Condiciones de transporte y almacenamiento	
CONSERVAR EN UN LUGAR FRESCO	
5. Tiempo de vida útil	
1 AÑO	
6. Forma de preparación	
2 1/4 TAZA DE AGUA POR 2 TAZAS DE ARROZ	

Figura 22. Ficha técnica, del saco mi campiña roja

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
Nombre del proveedor	MOLISAM I E.I.R.L.
Dirección de planta	CARRETERA PANAMERICANA NORTE ANTIGUA KM. 4 MOCCE ANTIGUO
Denominación del producto	MI CAMPIÑA NARANJA
Variedad	ESPERANZA
Presentación	kg, 5kg, 49kg
Registro sanitario	E1517315NMOMLER
Fecha de emisión Reg. Sanitario	LIMA, 26 DE AGOSTO DEL 2015
1. Descripción del producto	
Arroz pilado	
2. Especificaciones técnicas	
2.1 Características Físico - Químicos	
Humedad	12,5% - 13,0%
Granos rojos	0,0% MAX
Materia extraña	0,25% MAX
Mezcla varietal	5%
Quebrado	6%
Granos tizados totales	2%
Granos tizados parciales	3%
Granos dañados	0,2%
Blancura	36° - 38° ket
2.2 Características microbiológicas	
Mohos 10e4-10e5 ufc/g	
2.3 Características organolépticas	
Sabor	AGRADABLE
Olor	CARACTERÍSTICO
Color	BLANCO CREMOSO
Textura	BIEN PULIDO
Tamaño	LONGITUD 7MM ANCHO 2MM
3. Envase	
SACO DE POLIPROPILENO	
4. Condiciones de transporte y almacenamiento	
CONSERVAR EN UN LUGAR FRESCO	
5. Tiempo de vida útil	
1 AÑO	
6. Forma de preparación	
2 1/4 TAZA DE AGUA POR 2 TAZAS DE ARROZ	

Figura 23. Ficha técnica, del saco mi campiña naranja

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

En la tabla 5 se muestran los datos de precio por saco y la utilidad obtenida por kilogramo, extraídos de la misma empresa. El precio de venta puede variar en el transcurso del año, por las diferentes épocas de cosecha, pero el costo de material está proporcionalmente directa al precio de venta producto terminado que se muestra en el mercado, por lo que la utilidad así varíe el costo, será de S/0,30.

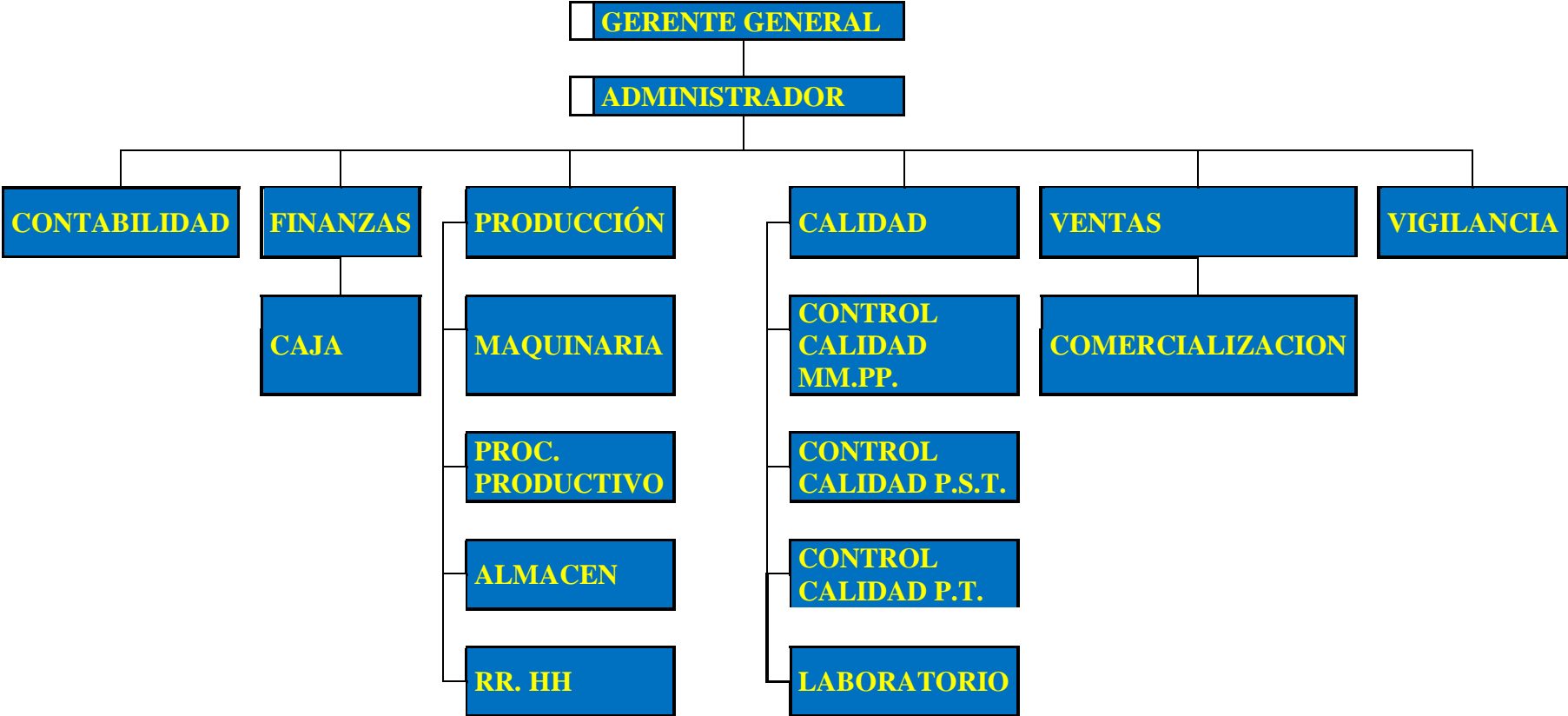
Tabla 5. Precio y utilidad de los sacos de arroz

Datos recopilados de la empresa (julio 2017)	
Precio de venta unitario	S/ 125,00
Utilidad bruta por kilo	S/ 0,30
Utilidad bruta por saco	S/ 14,17

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

3.1.3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

Figura 24. Organigrama general de la empresa Molisam I E.I.R.L.



Fuente: Molisam I E.I.R.L.

La empresa Molisam I EIRL cuenta con una gerencia general que es el área encargada de la toma de decisiones, siendo el gerente dueño de la misma empresa. Por debajo de la gerencia se encuentra la administración, que el encargado de esta área sustituye al gerente cuando no se encuentra; tanto el gerente como el administrados son los encargados de la planificación y control de la producción, posteriormente a un mismo nivel se encuentran las áreas de finanzas, contabilidad, producción, calidad, ventas y vigilancia.

3.1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Pesado de materia prima

Se pesa la cantidad de materia prima transportada por el vehículo entrante, del cual se emitirá un ticket con el pesaje y la cantidad de sacos que ingresará a la empresa.

Recepción de materia prima

Consiste en la recepción de la materia prima del cual se hará la toma de una muestra representativa con una pluma, extrayéndose una pequeña cantidad de cada saco que haya sido tomado al azar. La muestra se identifica y se envía al laboratorio propio para los análisis de rutina.

- Laboratorio: la muestra se homogeniza y se realizan análisis de humedad y la calidad comercial. Una vez obtenidos los resultados estos son remitidos al Jefe de Producción quien decide si se acepta o no la partida para ser procesada en el molino.
- Fumigación: En caso de presentar insectos vivos se procede al fumigado de la materia prima, se espera el tiempo necesario para que el producto químico cumpla con su acción y se disipe. Posteriormente se descarga en el molino (la espera es mayor de 23 h).

Si se acepta la materia prima el camión se pesa con y sin contenido (tara y destara).

Secado

Consiste en el secado de la materia prima (arroz en cascara) distribuido en mantas grandes en el área de patio de maniobras o pampa a la luz del sol, pero para ello se tiene en cuenta el porcentaje de humedad que laboratorio haya obtenido del lote, ya que si ha sido mayor al 13% pasara por este procedimiento y en consecuencia se le hará un monitoreo de cada 1.5h aprox. Hasta que el porcentaje de humedad haya bajado al porcentaje establecido de 13%.

Pre-limpia

Este procedimiento consiste en la limpieza del arroz en cascara, el cual puede contener residuos sólidos, metálicos u otros desechos, los cuales la etapa de pre limpieza se encargará de separar del arroz en cascara.



Figura 25. Separador de residuos sólidos
Fuente: (MOLISAM I EIRL, 2016)

Descascaradora

Como su nombre lo dice, su función es descascarar separando al arroz en grano (integral) de la cascarilla el cual es denominado pajilla.



Figura 26. Descascaradora de arroz paddy
Fuente: (MOLISAM I EIRL, 2016)

Separador Paddy

Tiene la función de separar el arroz integral del arroz no descascarado el cual regresa a la descascaradora para seguir con el proceso.

Pulidores

Como su nombre lo dice consiste en el pulimiento del arroz integral pasando por dos pulidores (cono 1 y cono2) del cual obtenemos el sub producto polvillo.

Pulidor 2 (Bhuler)

Su función es lustrar o sacar brillo al arroz que proviene de los pulidores, dándole acabado al arroz en grano, teniendo en cuenta que para ello se utilizara agua y aire.

Clasificadora

Su función es separar el arroz bueno del arroz quebrado; los cuales denominamos arrocillo $\frac{1}{2}$, arrocillo $\frac{3}{4}$ y ñelén.



Figura 27. Clasificadora de la pulidora
Fuente: (MOLISAM I EIRL, 2016)

Selectora

Consiste en seleccionar el arroz en su fase casi final, el cual permitirá separar el arroz bueno del arroz descarte, llamado también rechazo, culminando en el envasado de producto el cual después de haber sido seleccionado ha pasado a una tolva de almacenamiento.



Figura 28. Selectora de la piladora
Fuente: (MOLISAM I EIRL, 2016)

3.1.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PILADO DE ARROZ

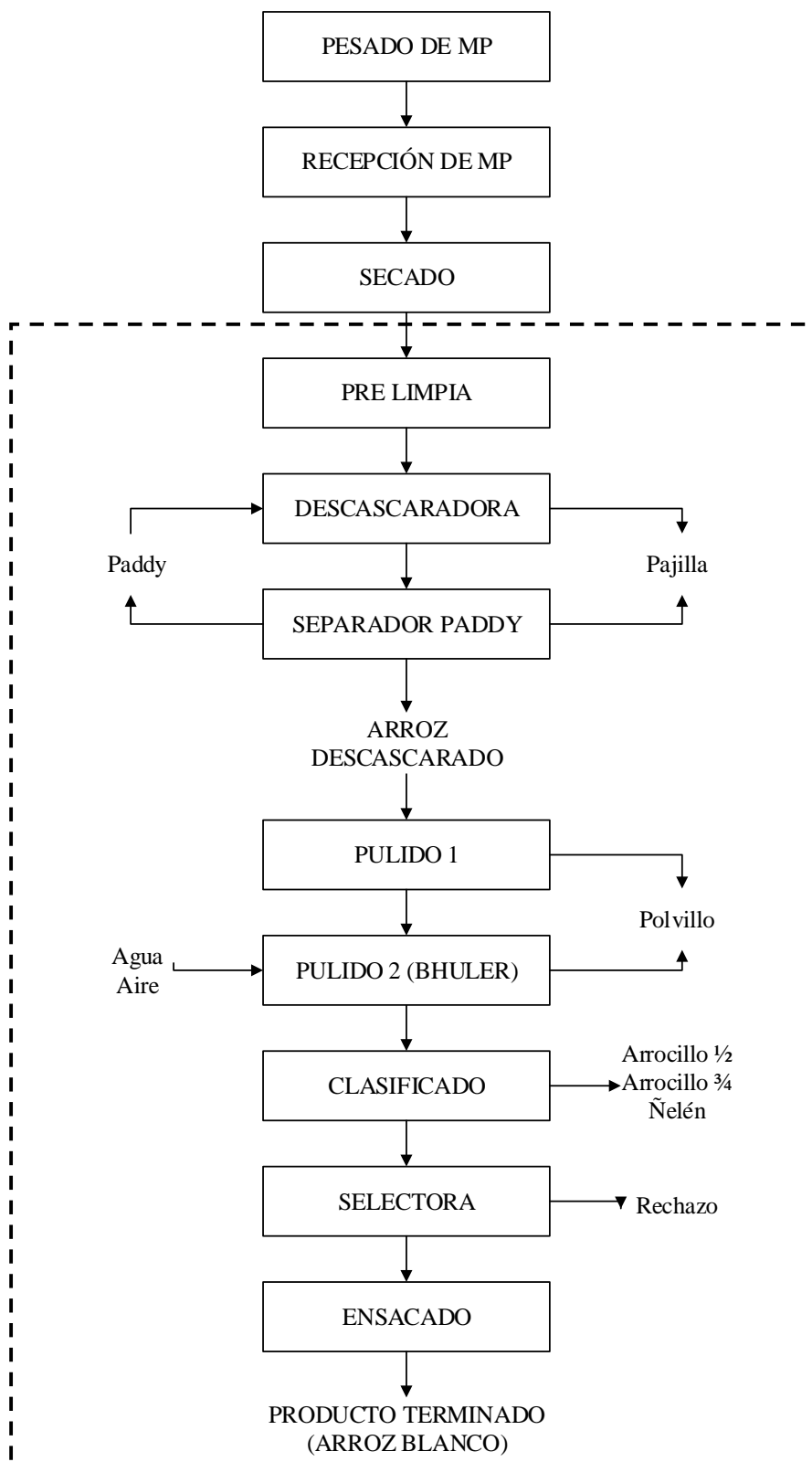


Figura 29. Diagrama de flujo de pilado de arroz
Fuente: (MOLISAM I EIRL, 2016)

En la figura 29 se observa el diagrama de flujo del pilado de arroz. Las etapas dentro del cuadro guiñado son los procesos que se realizan dentro de planta; en todo el proceso la única etapa del proceso que se opera **manualmente es el ensacado**, las etapas anteriores son operadas por la misma máquina siguiendo todo el proceso a través de ductos y sistemas de transporte. Las etapas automatizadas, tienen tiempos estándares, que varía de acuerdo a la materia prima a procesar, mientras más material a procesar, más tiempo de proceso.

En el proceso de pilado, el arroz es seleccionado y clasificado de acuerdo a los tipos de producto anteriormente dichos, cada tipo de producto se ensaca por una tolva, como se muestra en la Figura 30, estas tolvas son operadas manualmente por el encargado del pesado (Tabla 6), que realiza la función en una balanza electrónica debajo de las tolvas, el operario O1 cumple la función de colocar el saco en la abertura de la tolva y abrir esta para que caiga el arroz y llene el saco, el operario tiene que llegar hasta el peso establecido, después retira el saco de 49 kg de la balanza, realizando un movimiento de cintura, el cual puede generar sobrecarga sobre esta parte del cuerpo.

Tabla 6. Operarios por etapa

ETAPA	CANTIDAD OPERARIOS	OPERARIO	SALARIO TURNO DÍA 8 am – 5:30 pm	SALARIO TURNO NOCHE 8 pm – 6 am
Pesado y llenado	1 operario	O1	S/. 45,00	S/. 50,00
Cosido	1 operario	O2	S/. 45,00	S/. 50,00
Molienda	2 operarios	O3 y O4	S/. 45,00	S/. 50,00
Polvillo	1 operario	O5	S/. 45,00	S/. 50,00

Fuente MOLISAM I EIRL (2017): elaboración propia



Figura 30. llenado de saco manualmente

Fuente MOLISAM I EIRL (2017): elaboración propia

3.1.6 INDICADORES ACTUALES DE PRODUCCIÓN

3.1.6.1 Producción:

La producción de la empresa está promediada en forma diaria a través de los meses del año 2016 hasta los meses del año 2017, esto se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Producción promedio diario del turno día

AÑO	MES	ARROZ CÁSCARA (kg/día)	ARROZ PILADO PROMEDIO (SACOS DIARIOS)
2016	JUNIO	102 625,6	1 232
2016	JULIO	100 959,6	1 212
2016	AGOSTO	94 962	1 140
2016	SETIEMBRE	106 624	1 280
2016	OCTUBRE	92 463	1 110
2016	NOVIEMBRE	105 957,6	1 272
2016	DICIEMBRE	104 958	1 260
2017	ENERO	93 296	1 120
2017	FEBRERO	93 462,6	1 122
2017	MARZO	106 457,4	1 278
2017	ABRIL	108 123,4	1 298
2017	MAYO	102 459	1 230
2017	JUNIO	105 624,4	1 268

Fuente: Molisam I E.I.R.L. (propia)

Producción promedio en sacos = 1 217,08 sacos/día

Producción promedio en kg = 59 636,77 kg/día

3.1.6.2 Eficiencia física

$$\text{Eficiencia Física} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Recursos Utilizados (MP)}}$$

$$\text{Eficiencia Física} = \frac{59\,636,77 \text{ kg de arroz blanco/día}}{101\,382,51 \text{ kg de arroz cáscara/día}} = 58,82\%$$

La eficiencia física muestra la relación que existe entre la cantidad de materia prima diaria empleada en promedio que es de 101 382,51 kg/día de arroz cáscara para lograr producir 59 636,77 kg/día de arroz pilado a lo que equivale en promedio a 1 217,08 sacos/día, obteniendo como resultado 58,82%. El otro 41,18% representa la cantidad de material que es vendido como producto secundario, como son la pajilla y el polvillo de arroz.

En la tabla 6 se muestra una columna de salario de turno noche, esto es debido a los pedidos que se hacen por parte de una distribuidora externa, perteneciente al mismo molino. Los pedidos de esta distribuidora son lo primordial y se deben cumplir el mismo día que fue solicitado el pedido, lo que conlleva a que los mismos operarios deban operar doble turno.

La distribuidora pide un lote determinado de arroz, el cual se tiene que producir el mismo día para que al día siguiente se entregue este lote.

Tabla 8. Promedio de pedidos semanales de distribuidora externa

AÑO	MES	Pedidos externos semanales	ARROZ PILADO PROMEDIO (SACOS DIARIOS)
2016	JUNIO	3	900
2016	JULIO	3	1200
2016	AGOSTO	3	908
2016	SETIEMBRE	2	1116
2016	OCTUBRE	3	1000
2016	NOVIEMBRE	2	1012
2016	DICIEMBRE	4	894
2017	ENERO	3	1004
2017	FEBRERO	2	942
2017	MARZO	3	1204
2017	ABRIL	2	888
2017	MAYO	3	1154
2017	JUNIO	2	932

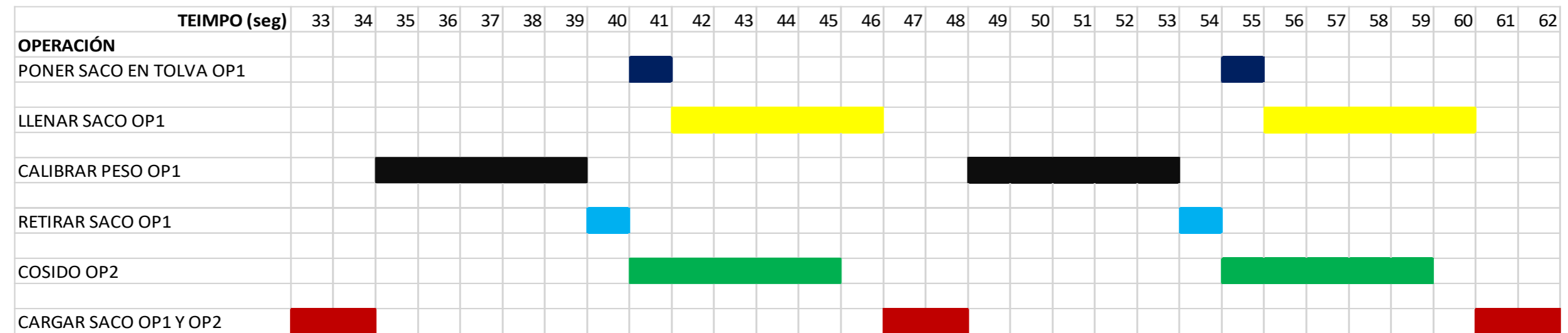
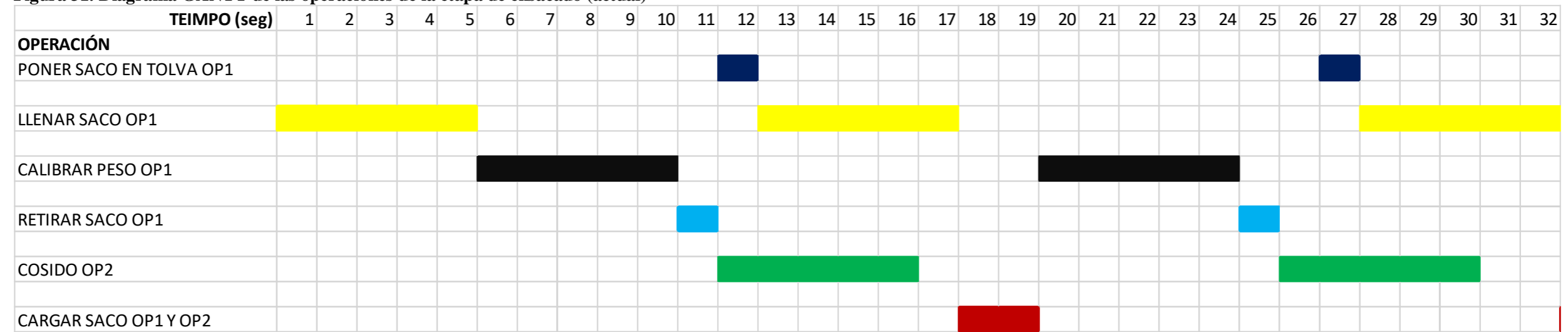
Fuente: Molisam I E.I.R.L. (propia)

Producción turno noche = 1 011,85 sacos/día

El trabajar horas extras o doble turno generan costos a la empresa, además de la energía usada. No se puede producir más del promedio ya que la empresa sólo cuenta con una línea de proceso, con respecto a la maquinaria y si se quisiera adquirir otra, no cuenta con el espacio suficiente para hacerlo. La forma de evitar horas extras para poder cumplir con la demanda es optimizar el proceso, debido a que el único que puede ser modificado o mejorado es la etapa de ensacado debido a que se opera manualmente.

Para detallar el funcionamiento de esta etapa se desarrolla un diagrama de tiempos y poder encontrar la manera de optimizar el proceso.

Figura 31. Diagrama GANTT de las operaciones de la etapa de ensacado (actual)



Fuente: Molisam I E.I.R.L. (elaboración propia)

3.1.7 DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA DE LA ETAPA DE ENSACADO DE ARROZ (ACTUAL)

Operación: Ensacado de arroz
 Fecha: 10/11/2017

Realizado por: Lennon Bustamante
 Tello

	Hombre 1	Tiempo	Máquina (tolva)	Tiempo	Hombre 2	Tiempo		
1	Colocar saco en tolva	1"						
2	Llenar saco (pesado)	5"	Llenado de saco	5				
3								
4								
5								
6								
7	Calibrar peso (reproceso de pesado)	5"	Tiempo muerto	7"				
8								
9								
10								
11								
12	Retirar saco de tolva	1"						
13	Colocar saco en tolva	1"						
14	Llenar saco (pesado)	5"	Llenado de saco	5	Cosido de saco	5"		
15								
16								
17								
18					Tiempo Muerto	1"		
19	Cargar saco	2"			Cargar saco	2"		
20								
21	Calibrar peso (reproceso de pesado)	5"	Tiempo Muerto	9"	Colocar saco en parihuela	3"		
22								
23								
24					Tiempo muerto	3"		
25								
26	Retirar saco de tolva	1"						

Figura 32. Diagrama Hombre – Máquina de la etapa de ensacado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 se observa un diagrama hombre – máquina el cual denota la etapa de ensacado produciendo 2 unidades (sacos) el cual es necesario contar con 2 operarios y la propia máquina que es operada manualmente por el operario 1; en el diagrama se muestra un reproceso del pesado, generando una demora en la etapa, ya que por cada saco se presenta este tiempo.

3.1.8 DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE ENSACADO

La empresa actualmente cuenta con 5 operarios en el área de producción. Cabe resaltar que al día hay aproximadamente dos horas de proceso hasta que llegue a la etapa de ensacado (denominada tiempo de preparación), además de una hora de descanso. La etapa de ensacado está compuesta por las siguientes estaciones:

Ensacado de arroz

El ensacado de arroz se encuentra en la parte final del proceso de pilado de arroz, en esta parte del proceso se encuentra el llenado de saco, el pesado y el cosido para posteriormente ser almacenado en el almacén de producto terminado, para ser almacenado el operario debe cargar el saco con ayuda del operario principal del ensacado.

- a) **Llenado de arroz:** El saco vacío se lleva manualmente hasta la tolva de descarga que opera manualmente. El arroz cae por la tolva cuando el colaborador retira la placa que cierra la salida de la tolva, se vuelve a cerrar cuando el peso del arroz se aproxime al peso establecido.
- b) **Pesado:** Debajo de la tolva de descarga se encuentra una balanza electrónica, esta cumple la función de pesar el saco que se llena de arroz y así el operario presente pueda cerrar la tolva y llegar al peso de 49 kg, en caso llegue a pasar este peso, el operario retira una cantidad de arroz del saco (manualmente) y si en caso aún no llegue al peso establecido por gramos, se le agrega (manualmente) arroz de otro saco de reserva que está a un costado del operario.
- c) **Cosido:** El saco retirado de la tolva de descarga, ya pesado, pasa a ser cosido con una máquina de coser portátil para cerrado de sacos, así posteriormente ser llevado al almacén de producto terminado.

3.1.9 PROBLEMA: JUSTIFICACIÓN

El principal problema es la baja productividad que se da en la etapa de ensacado puesto que el operario de llenado pierde tiempo en el calibrado de peso, esto se observa en la figura 31 y figura 32, a partir de esto se plantea un sistema automatizado, porque es la única manera de llegar al **peso exacto** con un cierre en la tolva, ya que el trabajo manual tiende a pasarse del peso o no llegar al peso de forma directa; además la automatización es una propuesta novedosa en toda empresa molinera, ya que no existe un sistema automatizado en esta etapa. Dicha descripción está detallada en un diagrama hombre – máquina (Fig. 32).

3.1.10 PROBLEMÁTICA DE LA ETAPA DE ENSACADO

Un análisis más profundo y detallado se desarrolló para describir la situación actual de la empresa Molisam I E.I.R.L. Esta descripción se hizo a base de los distintos elementos que integran el área de producción, específicamente la etapa de ensacado, empleando el método de Observación y toma de datos directa en la empresa, donde poseen diversos problemas que se ven a diario.

Problemas del área de ensacado:

La etapa de ensacado y sobre todo el proceso de producción se ve afectado debido a la existencia de determinados elementos que son los siguientes:

A. Mano de obra

Se presentan riesgos laborales y disergonómicos, debido a la mala postura en el momento de cargar el saco, el operario tiende a sufrir dolores lumbares, lo que genera ausentismos por ir al médico y en la etapa de ensacado lo reemplaza un segundo operario, el que no está capacitado para la función.

B. Métodos

La etapa de ensacado es una etapa 100% operada manualmente, lo que genera que llegar al peso de 49 kg cerrando un pestillo no tenga tiempos estandarizados durante todo el día, ya que el operario no puede saber en qué momento cerrar y que estén los 49 kg exactos.

C. Maquinaria

La utilización de la maquinaria de pesado no es 100% por lo que se generan costos de energía, aunque los costos son mínimos.

D. Material utilizable

En la etapa de ensacado se desperdicia producto terminado (arroz), debido al control de peso; el operario tiene que calibrar el peso manualmente, lo que genera que un poco de arroz caiga al suelo y ya no sea recogido. Aunque el pesaje del arroz caído sea poco por unidad, por lote y día se incrementa considerablemente.

El análisis a fondo y desarrollo del mismo se ven reflejados en los siguientes puntos.

3.1.10.2 Diagnóstico por causas

El problema presentado es la baja productividad del proceso de ensacado por los siguientes factores.

A. Mano de obra

a) Causa: Ausentismo

Evidencias:

En la empresa Molisam I E.I.R.L. todas las operaciones posteriores a la etapa de llenado de la tolva de descarga son manuales, esto conlleva a que el operario de ensacado tenga movimientos bruscos al momento de retirar el saco de la balanza y también cuando ayuda a levantar el saco al operario que cumple con la función de estiba.

Según la “NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO DISERGONÓMICO”, en el título III del mismo “Manipulación manual de carga” del Ministerio de Trabajo y Promoción del Trabajo indica que, no debe exigirse o permitirse el transporte de carga, para un trabajador cuyo peso es susceptible de comprometer su salud o su seguridad. En este supuesto, conviene adoptar la recomendación NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health):

Tabla 9. Condiciones labores, operario hombre

Situación	Peso máximo	% de la población protegida
En general	25 Kg.	85%
Mayor protección	15 Kg.	95%
Trabajadores entrenados y/o situaciones aisladas	4 Kg.	No disponible

Fuente: Ministerio de Trabajo y Promoción del Trabajo

La norma también indica que, cuando las cargas sean mayores de 25 Kg. para los varones y 15 Kg. para las mujeres, el empleador favorecerá la manipulación de cargas utilizando ayudas mecánicas apropiadas.

En la empresa Molisam I E.I.R.L. se presentan ausencias del personal por motivo de dolores lumbares ya que el operario para poder cargar un saco de 49 kg (más de lo permitido), realiza movimientos disergonómicos los cuales lo pueden llevar a tener lesiones.

Según el anexo 1 la espalda no debe estar inclina hacia adelante más de 30°, lo que muestra la figura 33, es que los operarios sobrepasan los 30° e inclusive los 90° de inclinación, lo cual es un gran problema para el mismo como también puede ser un problema a futuro para la empresa.



Figura 33. Carga del saco de 49 kg por parte de los operarios

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

Los permisos del operario (tabla 10) del ensacado conllevan a que un segundo operario cumpla la función del operario de ensacado, siendo este último el que tenga la mayor experiencia en el ensacado.

Tabla 10. Permisos mensuales del operario de ensacado

AÑO	MES	PERMISOS POR ENFERMEDAD (día)
2015	Noviembre	1
	Diciembre	0
2016	Enero	1
	Febrero	0
	Marzo	2
	Abril	2
	Mayo	1
	Junio	0
	Julio	2
	Agosto	1

Fuente: Molisam I E.I.R.L.

La productividad del día que reemplazan al operario de ensacado se toma en comparación con la productividad obtenida antes de que este realizara la solicitud de permiso (un día antes de la falta), esta comparación se realiza en las siguientes tablas:

Tabla 11. Productividad media diaria con operario principal de ensacado, un día antes de ausencia de operario

Mes	Producción diaria (8 horas)				Productividad media diaria
	Mayo	Julio (1 ^{ra} falta)	Julio (2 ^{da} falta)	Agosto	
Operario ensacado (und/día)	1 146	1 206	1 136	1 148	$1\,159 \frac{\text{sacos}}{\text{operario.día}}$
Producción (und/h)	164	172	168	164	

Fuente: Molisam I E.I.R.L. (propia)

Tabla 12. Productividad media diaria con operario reemplazante de ensacado

Mes	Producción diaria (8 horas)				Productividad media diaria
	Mayo	Julio (1 ^{ra} falta)	Julio (2 ^{da} falta)	Agosto	
Operario reemplazo (und/día)	882	910	916	972	$920 \frac{\text{sacos}}{\text{operario.día}}$
Producción (und/h)	126	130	131	138	

Fuente: Molisam I E.I.R.L. (propia)

Según las tablas existe una gran diferencia entre los días en los que está el operario de ensacado y cuando lo reemplazan.

b) Impacto económico:

De acuerdo a la tabla N°5, se operan 10 horas, pero se tiene una hora de descanso y media hora de apagado de máquinas, por lo tanto, las horas operativas son de 8 horas en la empresa, teniendo variadas cantidades de producción debido al cambio de operario.

$$\text{Variación de producción} = P \text{ op. ensacado} - P \text{ op. reemplazo}$$

$$\text{Variación de producción} = 1\,159 \text{ sacos} - 920 \text{ sacos}$$

$$\text{Variación de producción} = 239 \text{ sacos}$$

$$\text{Variación de producción (\%)} = 25,98\%$$

$$\begin{aligned} \text{utilidad perdida por reemplazo de operario} &= 239 \frac{\text{sacos}}{\text{día}} * \frac{S/0,30}{\text{kg}} * \frac{49 \text{ kg}}{\text{saco}} \\ &= S/3\,513,3 \text{ diario} \end{aligned}$$

En la empresa el promedio de permisos por enfermedad es de 11 al año, entonces:

$$\text{utilidad perdida anual} = \frac{11 \text{ ausencias}}{\text{año}} * \frac{\$/ 3\ 516,3}{\text{ausencia}} = \$/ 38\ 646,3 / \text{año}$$

B. Método

a) Causa: Falta de control de peso instantáneo

Peso instantáneo: Llega al peso (49 kg) sin tener que corregir el peso de forma manual.

Evidencias:

El operario encargado de la etapa de pesado tiende a tener tiempos variantes, debido al no llegar en primera instancia a los 49 kg que debe tener el saco, por lo tanto, existe un tiempo en el que el operario tiene que llegar al peso establecido manualmente, este tiempo se nombra “Tiempos normales” en la tabla 13. Este problema es la principal causa por lo que no se puede tener tiempos estándares, esto perjudica la producción y conlleva a que algunos días se tenga que trabajar en doble turno.

Se tomaron datos en un turno diario de producción. La empresa trabaja 2 turnos dependiendo de la exigencia de pedidos por parte de la distribuidora con la que trabaja el molino; el turno día empieza de 8:00 am a 6:00 pm, con un descanso de 1 hora (1:00 pm a 2:00 pm) y el turno noche de 8:00 pm a 6:00 am.

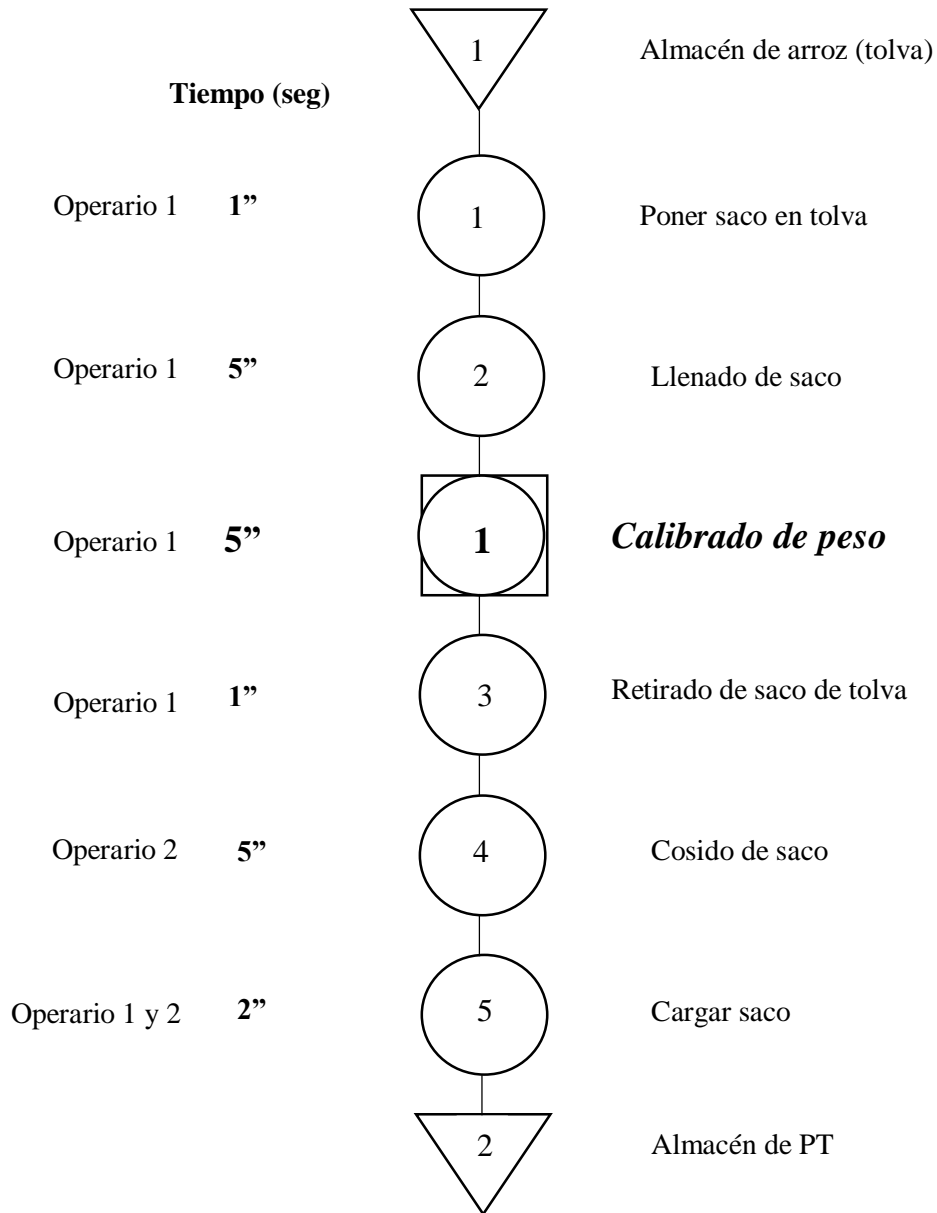
La recolección de datos se llevó a cabo midiendo tiempos con un cronómetro y un registro de tiempos, esta recolección se llevó a cabo el día lunes 11 de abril del 2017, se procedió a registrar el tiempo que tarda el operario desde colocar el saco en la tolva hasta que retira el saco de la tolva; para que el operario pueda retirar el saco, debe haber llegado al peso establecido por la empresa.

Los datos obtenidos tienen una gran variación de tiempo entre 8 a 16 segundos, y es lo normal en esta etapa ya que el trabajo es manual. Los datos corresponden a los tiempos desde, poner el saco en la tolva y el pesar el saco.

Usando el método “General Electric”, que me indica las observaciones necesarias en función al tiempo de ciclo, en el escenario del “mejor de los casos”, que con 8 segundos aproximadamente el tiempo de ciclo del ensacado, fueron observados 200 llenados de sacos, extrayendo sólo los tiempos donde no hubo interrupciones por causas externas a la etapa, entre las interrupciones están la distracción del celular, hablar con el jefe de producción, realizar otras funciones. Para un mejor entendimiento se realiza un DAP.

Empresa: Molisam I E.I.R.L.
Producto: Arroz Blanco

Tipo de diagrama: DAP
Elaborado por: Lennon Bustamante T.



RESUMEN		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
Operación	5	14"
Inspección	0	0
Transporte	0	0
Almacén	2	0
Combinada	1	5"
TOTAL	2	19 segundos/saco

Figura 34. Diagrama de Análisis de Proceso (etapa de ensacado)
Fuente: Molisam I E.I.R.L (propia)

Tabla 13. Variabilidad de tiempos de ensacado sin interrupción, desde la manipulación de sacos vacíos hasta el retiro del saco de la balanza. Datos obtenidos el 11 de abril del 2017

N° SACO	TIEMPO (seg)	OBSERVACIÓN	N° SACO	TIEMPO (seg)	OBSERVACIÓN
1	10,88	Tiempos Normales	85	14,64	Tiempos Normales
2	13,84	Tiempos Normales	87	15,32	Tiempos Normales
3	12,3	Tiempos Normales	98	15,24	Tiempos Normales
4	14,98	Tiempos Normales	101	12,3	Tiempos Normales
5	14,52	Tiempos Normales	103	9,1	Tiempos Normales
6	13,2	Tiempos Normales	104	14,69	Tiempos Normales
7	12,97	Tiempos Normales	106	12,05	Tiempos Normales
8	11,3	Tiempos Normales	107	16,7	Tiempos Normales
9	11,1	Tiempos Normales	108	9,32	Tiempos Normales
10	12,79	Tiempos Normales	109	14,22	Tiempos Normales
11	13,11	Tiempos Normales	110	13,47	Tiempos Normales
12	12,86	Tiempos Normales	112	11,76	Tiempos Normales
13	12,24	Tiempos Normales	113	12,26	Tiempos Normales
14	8,29	Tiempos Normales	115	13,31	Tiempos Normales
15	11,47	Tiempos Normales	116	12,86	Tiempos Normales
16	15,22	Tiempos Normales	117	11,49	Tiempos Normales
17	14,02	Tiempos Normales	118	16,69	Tiempos Normales
18	11,67	Tiempos Normales	119	12,39	Tiempos Normales
19	12,84	Tiempos Normales	120	14,93	Tiempos Normales
20	12,59	Tiempos Normales	123	11,07	Tiempos Normales
22	12	Tiempos Normales	124	12,6	Tiempos Normales
23	13	Tiempos Normales	126	9,56	Tiempos Normales
24	15,83	Tiempos Normales	127	12,18	Tiempos Normales
26	13,87	Tiempos Normales	129	10,08	Tiempos Normales
35	15,12	Tiempos Normales	130	14,19	Tiempos Normales
37	15,93	Tiempos Normales	131	16,39	Tiempos Normales
38	14,86	Tiempos Normales	132	14,86	Tiempos Normales
41	12,25	Tiempos Normales	133	16,11	Tiempos Normales
43	13,3	Tiempos Normales	154	14,57	Tiempos Normales
44	13,83	Tiempos Normales	162	12,3	Tiempos Normales
49	14,81	Tiempos Normales	166	15,4	Tiempos Normales
54	16,06	Tiempos Normales	167	15,34	Tiempos Normales
55	12,45	Tiempos Normales	168	13,67	Tiempos Normales
61	15,1	Tiempos Normales	170	13,44	Tiempos Normales
62	14,42	Tiempos Normales	171	14,68	Tiempos Normales
63	15,97	Tiempos Normales	172	14,17	Tiempos Normales
67	15,53	Tiempos Normales	174	15,68	Tiempos Normales
68	11,56	Tiempos Normales	175	13,07	Tiempos Normales
70	13,96	Tiempos Normales	177	12,47	Tiempos Normales
71	14,63	Tiempos Normales	179	13,38	Tiempos Normales
75	14,62	Tiempos Normales	183	12,54	Tiempos Normales
77	14,94	Tiempos Normales	185	14,84	Tiempos Normales
79	11,89	Tiempos Normales	199	15,21	Tiempos Normales

Fuente MOLISAM I EIRL (2016): elaboración propia

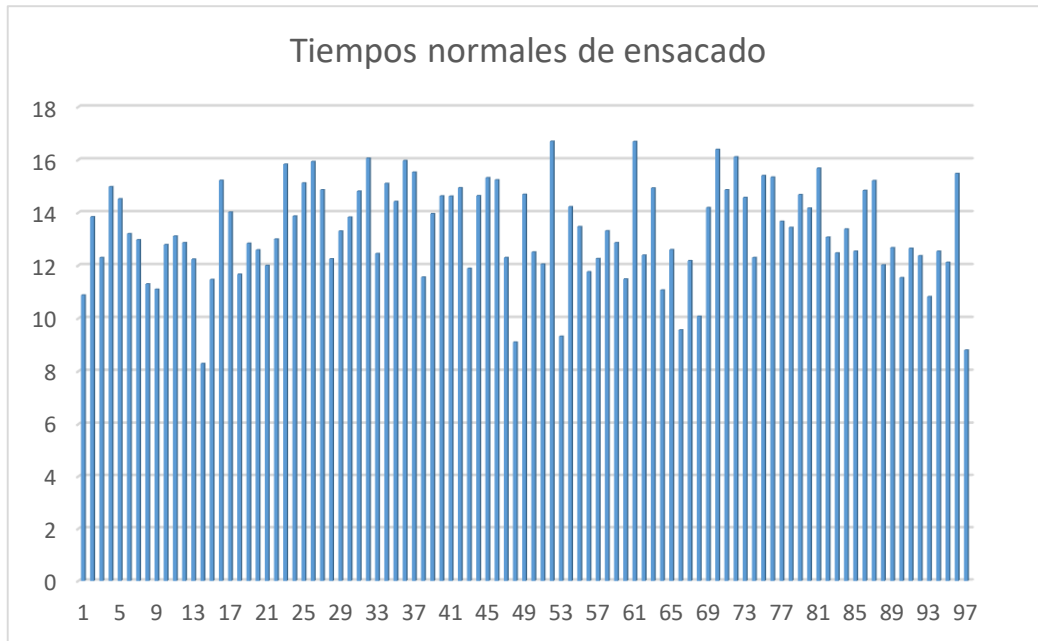


Figura 35. Gráfico estadístico de la variabilidad de los tiempos de ensacado desde la manipulación de sacos vacíos de 49 kg hasta el retiro de los sacos de la balanza.
Fuente MOLISAM I EIRL (2016): elaboración propia

La figura 35. muestra una representación gráfica de la tabla N°11, el cual permite observar una gran variación en los tiempos de ensacado, sin contar el tiempo de cosido, se tiene un tiempo promedio de:

Tiempo promedio: 13,32 segundos

Tiempo mínimo: 8,29 segundos

Tiempo máximo: 16,7 segundos

Estos tiempos están excluidos del tiempo de cosido y de carga, para obtener el tiempo de ciclo de la etapa de ensacado se suma todos los tiempos necesarios por parte del operario 1, ya que él presenta el mayor tiempo, entonces como tiempo promedio según la toma de tiempos es de 13,32 y se le suma el tiempo de carga ya que también participa el mismo operario.

Tiempo de ciclo: Tiempo promedio + Tiempo de carga

Tiempo de ciclo = 15,32 seg/saco

Capacidad diseñada:

La capacidad diseñada de la planta es la capacidad máxima teórica que se puede obtener bajo condiciones normales, tomando el promedio de los tiempos normales y tomando en cuenta la preparación del proceso hasta llegar al ensacado (1,5 horas/día).

$$\text{Capacidad diseñada diaria} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{tiempo promedio}}$$

$$\text{Capacidad diseñada diaria} = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{h}} * 60 \frac{\text{seg}}{\text{min}} * 7 \frac{\text{h}}{\text{d}}}{15,32 \frac{\text{seg}}{\text{und}}}$$

$$\text{Capacidad de producción máxima por hora} = 1\,644,91 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}$$

Se obtiene como resultado que la capacidad diseñada diaria en la etapa de ensacado es de 1 3644,91 sacos/día, demostrando que la producción actual (1 216 sacos/día promediado) de la empresa es menor a comparación de lo que podría llegar a producir, esto es causado por factores del área de producción, como la distracción del operario, por la doble función que cumple el operario, por el cansancio del mismo.

$$\text{Utilización de capacidad} = \frac{1\,216 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}}{1\,644,91 \frac{\text{sacos}}{\text{día}}} = 73,93\%$$

b) Productividad de Mano de obra en la etapa de ensacado con muestra de tempos

$$\text{Productividad MO} = \frac{1\,644,91 \text{ sacos/día}}{2 \text{ operarios}} = 822 \frac{\text{sacos}}{\text{operario} \times \text{día}}$$

$$\text{Productividad MO} = 40\,278 \text{ kg/operario.día}$$

La productividad respecto a la mano de obra, tomando como referencia el cuello de botella en la etapa de ensacado, muestra la relación entre la producción diaria 1 644,91 sacos/día de arroz pilado y el total de operarios en esa etapa, dando como resultado 822 sacos/operario x día.

c) Impacto económico:

Se pone un tiempo como normal de 13,32 segundos en el ensacado según muestra, para poder hallar el tiempo improductivo diario, se realiza la diferencia entre la sumatoria general, de los tiempos totales (anexo 2) con el promedio del tiempo normal (tabla 11).

$$\text{T tiempo improductivo diario} = \sum (\text{T tiempo total} - \text{T tiempo promedio})$$

$$\text{T tiempo improductivo diario} = 279,85 \text{ segundos}$$

Este tiempo improductivo representa en sacos a:

$$\text{Desaprovechamiento} = \frac{\text{tiempo improductivo diario}}{\text{Tiempo promedio de ensacado}}$$

$$\text{Desaprovechamiento} = \frac{279,85 \text{ segundos}}{13,32 \text{ segundos}} = 21,01 \text{ sacos}$$

Estos 21 sacos representan a los sacos que se pueden obtener en 2,75 h, por lo tanto, al día:

$$\frac{21 \text{ sacos}}{2,75 \text{ hrs}} \times \frac{7 \text{ horas}}{\text{día}} = 53,45 \text{ sacos/día}$$

$$\text{utilidad total} = n^\circ \text{ sacos} * \text{utilidad unitaria}$$

$$\text{utilidad perdida diaria} = 53,45 \text{ sacos} * \frac{\$/0,30 * 49}{\text{saco}} = \$/ 785,72 \text{ diario}$$

$$utilidad\ perdida\ anual = \frac{1\ día}{7\ h} * \frac{S/ 785,72}{día} * \frac{40\ h}{sem} * \frac{52\ sem}{año} = S/ 233\ 471,09$$

C. Maquinaria

a) Causa: Energía perdida por maquinaria

Evidencias:

Según el diagrama hombre – máquina mostrada en la tabla 14, se aprecia que la balanza no opera al 100%, ya que depende directamente del operario de ensacado, pero este tiene que cumplir funciones secundarias como calibrar el peso (fig. 32), retirar el saco de la tolva y ayudar a levantar el saco a otro operario, estando la balanza prendida sin cumplir ninguna función.

Tabla 14. Diagrama Hombre – Máquina llenado de un saco de arroz

Hombre	Tiempo (sg)	Balanza electrónica
Colocar saco	1''	Inactivo
Llenar el saco	5''	Pesado de saco
Calibrar el peso	5''	Pesado de saco
Descargar saco	1''	Inactivo
Retirar saco	1''	

Fuente MOLISAM I EIRL (2016): elaboración propia

Porcentaje de utilización de la de la balanza electrónica (%)

$$= (\text{Tiempo utilización/tiempo total}) = 10/14 = \mathbf{71.43\ \%}$$

b) Impacto económico:

La balanza está conectada desde el inicio de actividades hasta el final de las mismas, todos los días laborales (lunes a sábado) teniendo un horario laboral de 2 860 horas al año. La balanza no la apagan cuando es hora de almuerzo o cuando hay limpieza, es por eso que se toma el total de tiempo para calcular el consumo.

La balanza electrónica tiene una potencia por hora de 0,25 Kw, teniendo un coste de energía activa fuera de hora punta de S/ 0,21 por Kwh.

$$\text{Consumo de energía anual} = 0,25\ Kw * 2\ 860\ horas = 715\ Kwh$$

Pero la balanza solo presenta una eficiencia del 66,67%, trabajando 55 horas a la semana, teniendo como consumo de energía anual siendo útil:

$$\text{Consumo de energía anual útil} = 0,25\ Kw \times (2\ 860 * 0,71\ horas)$$

$$\text{Consumo de energía anual útil} = 507,65\ Kwh$$

$$\text{Potencia perdida en un año} = 715\ Kwh - 507,65\ Kwh = 207,35\ Kwh$$

$$\text{Costo de pérdida de energía anual: } 207,35\ Kwh * 0,21 \frac{\text{soles}}{\text{Kwh}} = \mathbf{S/ 43,54}$$

D. Material utilizable

a) Causa: Pérdida de material

Evidencias:

En la tolva de descarga siempre existen movimientos fuertes por la caída del arroz y también cuando se calibra el peso, los granos tienden a caerse cuando se manipula manualmente, este grano de arroz que se desperdicia está en pequeñas cantidades, un aproximado de 4 gramos de arroz por cada saco puesto en la tolva de descarga, este dato fue extraído de la propia empresa, el cual se realizó mientras el operario calibraba el peso de arroz, se puso una manta para obtener el arroz caído y se pesó. Se realizó una muestra de 100 sacos para obtener el promedio de arroz caído por saco.

Tabla 15. Arroz desperdiciado en peso de cada saco

# SACO	Arroz caído (gr)	# SACO	Arroz caído (gr)	# SACO	Arroz caído (gr)	# SACO	Arroz caído (gr)
1	3,82	26	4,43	51	3,73	76	3,61
2	4,21	27	4,38	52	4,45	77	4,38
3	3,67	28	4,3	53	4,35	78	3,56
4	4,4	29	4,23	54	3,92	79	4
5	3,53	30	4,13	55	4,41	80	4,34
6	3,57	31	4,5	56	4,4	81	3,5
7	4,16	32	4,15	57	3,95	82	3,51
8	3,61	33	3,98	58	3,64	83	4,14
9	3,6	34	3,72	59	3,82	84	3,84
10	4,29	35	4,3	60	3,57	85	4,18
11	4,45	36	3,76	61	3,87	86	3,86
12	3,73	37	4,35	62	3,72	87	4,31
13	3,66	38	3,53	63	4,26	88	3,67
14	4,21	39	3,6	64	4,24	89	3,87
15	4,26	40	4,35	65	4,4	90	3,59
16	4,27	41	4,23	66	3,61	91	4,09
17	3,84	42	3,72	67	4,43	92	3,61
18	3,5	43	4,33	68	4,12	93	4,21
19	3,86	44	4,15	69	3,98	94	3,91
20	4,01	45	4,46	70	4,27	95	4,05
21	3,81	46	3,91	71	3,84	96	4,49
22	3,98	47	3,9	72	4,28	97	4,22
23	4,01	48	3,84	73	3,68	98	4,03
24	3,76	49	3,56	74	4,22	99	3,57
25	3,6	50	4,24	75	4,5	100	4,08

Promedio = **4,0014**

Fuente: Elaboración propia (obtenido de empresa Molisam I E.I.R.L.)

Tomando como dato de referencia 1 216 sacos de arroz producidos al día (tabla 5), se tiene:

$$\text{Gramos de arroz desperdiciado} = \text{gramos por saco} * \text{sacos diarios}$$

$$\text{Gramos de arroz desperdiciado} = \frac{4 \text{ g}}{\text{saco}} * \frac{1\ 216 \text{ sacos}}{\text{día}} = 4\ 864 \text{ g/día}$$

$$\text{Arroz desperdiciado} = 4\ 864 \frac{\text{g}}{\text{día}} * \frac{1\text{kg}}{1\ 000\text{g}} = 4,864 \text{ kg /día}$$

b) Impacto económico:

El arroz que cae al suelo o que sobra (pocas cantidades) en las tolvas no es contado como producción, teniendo una gran oportunidad de vender kg de arroz sin tener costo.

$$\text{Arroz desperdiciado} = \frac{4,86 \text{ kg}}{\text{día}} * \frac{5,5 \text{ día}}{\text{semana}} * \frac{52 \text{ semana}}{\text{año}} = 1\ 389,96 \text{ kg/año}$$

$$\text{Arroz desperdiciado en sacos} = 1\ 389,96 \frac{\text{kg}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ saco}}{49 \text{ kg}} = 28,37 \text{ sacos/año}$$

Con los 14 sacos al año extra, se puede tener grandes beneficios con la venta de estos sacos, ya que va directo a las utilidades de la empresa.

$$\text{Utilidad} = \text{sacos} * \text{PVU}$$

$$\text{Utilidad anual} = 28 \text{ sacos} * 130 \frac{\text{soles}}{\text{saco}} = \text{S/ } 3\ 640,00$$

Resumiendo, en el siguiente cuadro, se muestran las causas y sus impactos económicos en la empresa.

3.1.10.3 Cuadro resumen

Tabla 16. Impacto económico

CAUSA	Impacto económico (S/)
C1: Ausentismo	S/ 38 646,3
C2: Falta de control de peso	S/ 233 471,09
C3: Energía perdida por maquinaria	S/ 43,54
C4: Pérdida de material	S/ 3 640

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en el siguiente cuadro, de muestran los indicadores a utilizar para posteriormente medir los resultados logrados.

Tabla 17. Indicadores de la situación actual en la etapa de ensacado

Causas	FÓRMULA	Indicador actual
C1: Ausentismo	Promedio de permisos o ausencias al mes	0,91 $\frac{\text{permisos}}{\text{mes}}$
	Variación de producción = $\frac{P.Op\ principal - P.Op\ reemplazo}{P.Op\ principal}$	25,98%
C2: Falta de control de peso	% Utilización de capacidad = $\frac{Producción}{Capacidad\ diseñada}$	72,57%
	Productividad MO = $\frac{Producción}{operarios}$	822 $\frac{\text{sacos}}{\text{operario x día}}$
	Tiempo improductivo diario = $\sum (T\ por\ saco - T\ promedio)$	253 segundos
	Desaprovechamiento = $\frac{Tiempo\ improductivo}{tiempo\ por\ saco}$	53,45 sacos/día
C3: Energía perdida por maquinaria	% de utilización = $\frac{Horas\ utilización}{Horas\ total}$	71,43%
	Pérdida económica anual	S/ 43,54
C4: Pérdida de material	Sacos perdidos anualmente	28 sacos/año

Fuente: Elaboración propia

Estos indicadores son el punto inicial al desarrollo del proyecto, los cuales tienen que ser mejorados porque se necesita cumplir con los requerimientos de la distribuidora externa y evitar así horas extras, además de que se quiere incrementar la producción para expandirse a otros lugares; se comparará con el cuadro de indicadores post desarrollo del sistema automatizado.

3.2 PROPUESTA DEL DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE ENSACADO

En esta etapa del proyecto es importante el diseño detallado, para así conocer las características principales de cada sistema y sub-sistema que compone la etapa de ensacado de arroz; se genera la memoria de los cálculos realizados durante todas las etapas de diseño; se incluye los diferentes diagramas o isométricos obtenidos por herramientas computacionales tipo CAD, en este caso el software Solidworks 2016, además de todas las simulaciones y los diferentes métodos de control como también la programación correspondiente.

Con el diseño del sistema automatizado se pretende estandarizar los tiempos de ensacado, mejorando el pesado y evitando movimientos que pongan en riesgo la salud del operador.

A continuación, se realizó el boceto inicial (figura 36) con el que se pretende dar punto de marcha al diseño, constituido con una tolva de llenado, una faja transportadora horizontal, una faja transportadora diagonal y la máquina de cosido.

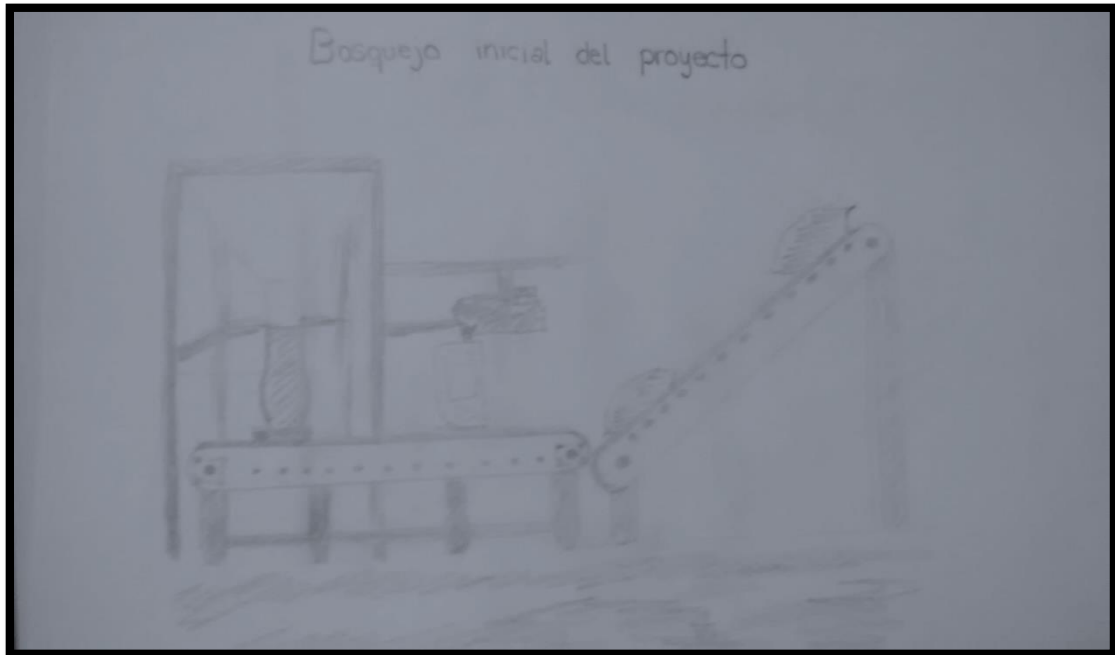


Figura 36. Bosquejo inicial del proyecto propuesto (efecto normal)
Fuente: propia

En la Figura 37 se observa con mejor detalle la propuesta del diseño, identificando cada parte del diseño:

- 1: Tolva de llenado
- 2: Faja transportadora horizontal
- 3: Faja transportadora diagonal
- 4: Máquina de cosido

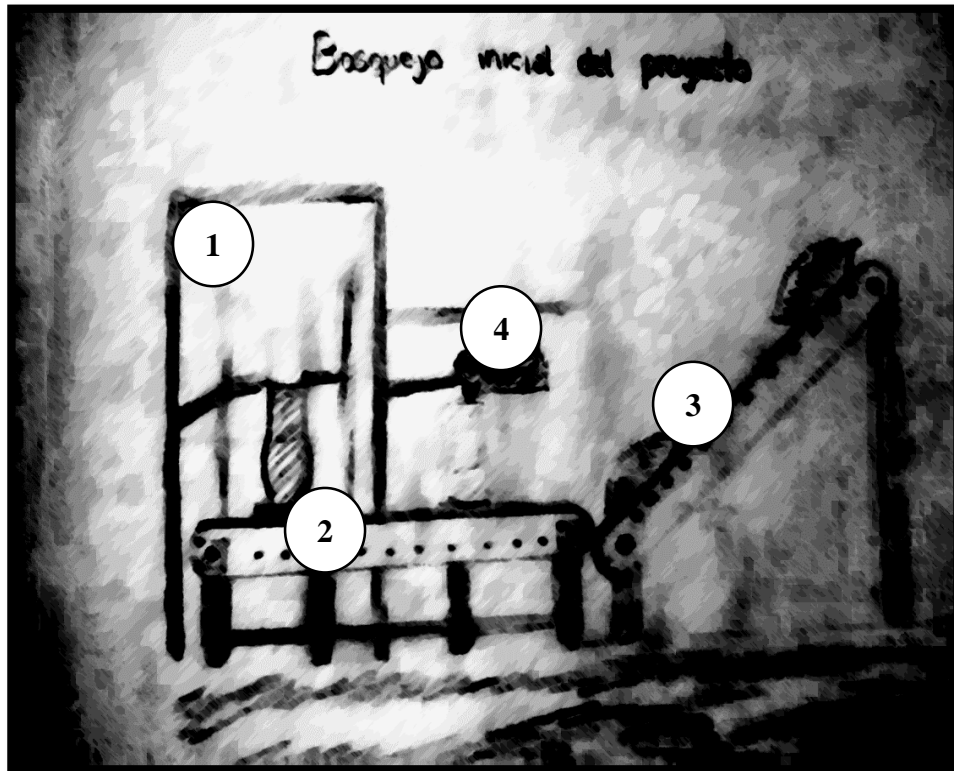


Figura 37. Bosquejo inicial del proyecto propuesto (efecto pintura)
Fuente: propia

Para un mejor entendimiento de cómo funcionaría este diseño, primero se describe las operaciones de la etapa de ensacado paso por paso y luego se realiza un diagrama de Gantt con las operaciones de la etapa de ensacado, mejorando la etapa (Fig. 37), este diagrama muestra lo que sería el ideal del proyecto, se toma en función a 1 minuto.

3.2.1 FUNCIONAMIENTO PROPUESTO

Activación del sistema de ensacado

Las bandas transportadoras inician su funcionamiento.

El pestillo superior se cierra.

El sensor de proximidad de la tolva capta el saco puesto en la boca de tolva de descarga.

El pestillo final de la boca de la tolva se abre para así llenar el saco.

Una vez llegado a los 49 Kg y acabado la cantidad de arroz almacenada en la boca de la tolva, se cierra el pestillo inferior y se abre el pestillo superior, además se retira el soporte del saco.

Recorrido del saco.

Puesta de otro saco en tolva.

Juntar los extremos del saco

La máquina de tejer portátil se activa.

El saco cosido finaliza su recorrido por la banda horizontal

El saco pasa a la banda diagonal.

El saco llega en 5 segundos al operario.

El sistema se repite hasta que se acabe la carga de la tolva

Apagado del sistema automáticamente.

A continuación, se describe la secuencia de pasos del funcionamiento del sistema con el motivo de conocer los elementos a utilizar en cada sistema y así poder diseñarlos de acuerdo a medidas necesarias y normalizadas.

Activación del sistema de ensacado: se prende todo el sistema con un pulsador de marcha, una vez que la tolva de descarga esté llena, pasando del modo manual al automático.

Las dos bandas transportadoras inician su funcionamiento, la banda horizontal inicia su funcionamiento a través del motor que da movimiento al tambor de transporte y la faja diagonal inicia su funcionamiento a través del motor que da movimiento al tambor motriz.

El pestillo se cierra, después de encendido las fajas, se prosigue a encender todo el sistema de llenado, empezando con el cierre del pestillo superior a través de una válvula de doble efecto, además accionando un interruptor de final de carrera o micro switch.

Captación del sensor de proximidad: el operario coloca el saco en la boca de descarga de la tolva, el cual cuenta con un sensor de proximidad, este captará la señal del saco puesto en tolva, abriendo el pestillo inferior y dejando caer el arroz; el pestillo será accionado por un cilindro de doble efecto. Cabe resaltar que este cilindro no se activará si no está accionado el interruptor de final de carrera y el sensor de proximidad halla captado el saco.

Llenado del saco: el saco ya puesto en la boca de descarga, será sostenido por el operario con una mano, mientras se va llenando el saco, durante 5 segundos aproximadamente que durará el llenado del saco, este tiempo se programará en un temporizador.

Llenado del saco completo: una vez terminado el llenado del saco y cumplido los 5 segundos, el temporizador desactiva el cilindro inferior (cerrado) y activa el soporte del saco que estará en la estructura de la tolva y dejará caer el saco a la banda transportadora, este soporte a una distancia de 2 cm. de la faja transportadora, siendo un cilindro de simple efecto. Una vez cerrado el cilindro inferior, se abre el cilindro superior para dar marcha al llenado de la boca de descarga.

Mientras el saco se transporta por la faja, el operario coloca otro saco en la tolva para que el sensor lo capte y el pestillo se vuelva a activar, repitiendo todo lo anteriormente dicho.

Ajuste de boca de saco: una vez el saco se transporte por la faja horizontal, pasará por dos placas que juntarán los extremos de la boca del saco para que pueda ser cosido de forma uniforme, esto a través de un sensor de proximidad, que mandará la señal al controlador y este a los 2 vástagos de simple efecto.

Tejido del saco lleno: una vez se junten los extremos del saco, pasará por la máquina de coser portátil que se adapta al sistema agregándole un sensor de proximidad que mandará la señal al controlador para accionar la máquina, así teja el saco durante 4 segundos.

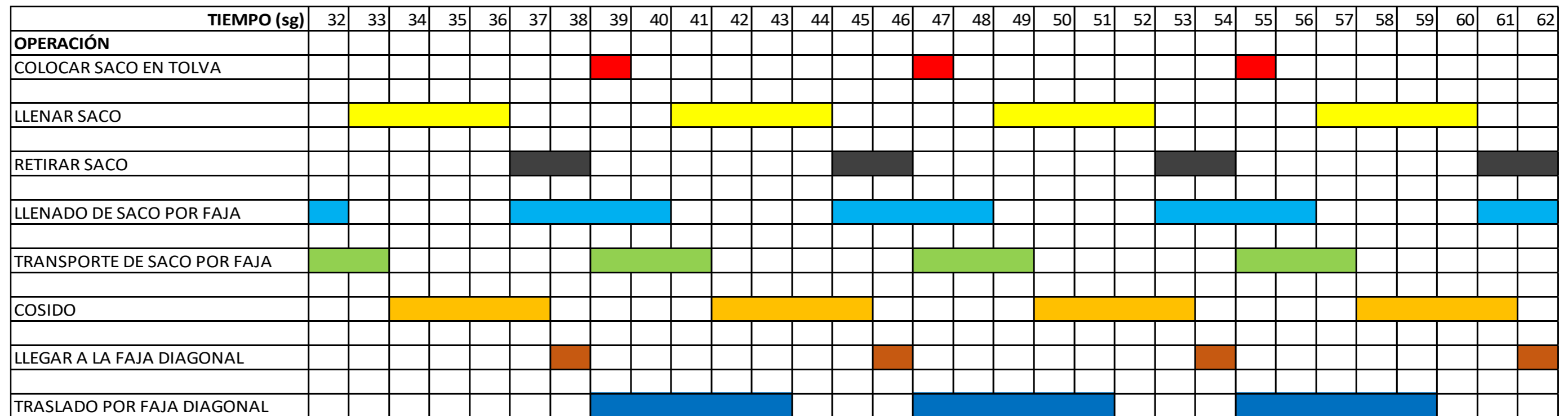
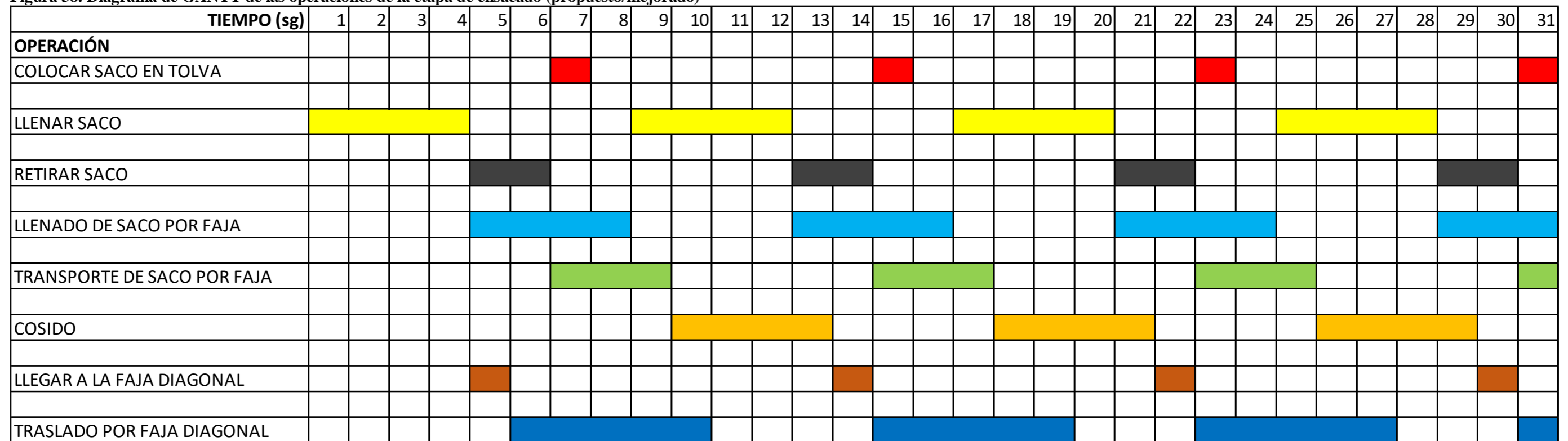
Cambio de faja: al finalizar el cosido del saco este pasará a la siguiente faja, la cual es una faja diagonal, con una fricción mayor en la banda para evitar el deslizamiento del saco.

El operario recibe en 5 segundos el saco lleno y cosido, lo recibirá a la altura de su hombro para evitar así cualquier movimiento que afecte la salud del trabajador.

Apagado del sistema: una vez la tolva quede vacía, el sistema se apagará a través de un interruptor.

Para poder realizar un buen funcionamiento del sistema automatizado, el diseño se divide en dos partes: el diseño CAD del sistema, realizado en el programa Solidworks 2016, donde se indicarán medidas de cada componente, definiendo ¿qué componentes?, en cada sistema y; el diseño del sistema control del donde se definirán el cómo se controlará todo el sistema y en qué se controlará, para eso debemos definir bien que tipo de sistema es, todo esto se definirá en los capítulos siguientes.

Figura 38. Diagrama de GANTT de las operaciones de la etapa de ensacado (propuesto/mejorado)



Fuente: Excel 2013 (Propia)

3.2.2 DIAGRAMA HOMBRE – MÁQUINA DE LA ETAPA DE ENSACADO DE ARROZ (MEJORADO)

Operación: Ensacado de arroz
Fecha: 17/11/2017

Realizado por: Lennon Bustamante Tello

	Hombre 1	Tiempo	Máquina de ensacado	Tiempo	Máquina de coser	Tiempo			
1	Colocar saco en tolva	1"							
2			Llenado de saco	4"					
3	Tiempo muerto	3"							
4									
5	Colocar saco en parihuela	2"							
6			Retirar saco de tolva	2"					
7	Tiempo muerto	1"							
8	Colocar saco en tolva	1"							
9			Llenado de saco	4"					
10	Tiempo muerto	3"							
11									
12	Colocar saco en parihuela	2"					Cosido de saco	4"	
13			Retirar saco de tolva	2"					
14	Tiempo muerto	1"							
15	Colocar saco en tolva	1"							
16			Llenado de saco	4"	Tiempo muerto	4"			
17	Tiempo muerto	3"							
18									
19	Colocar saco en parihuela	2"			Cosido de saco	4"			
20			Retirar saco de tolva	2"					
21	Tiempo muerto	1"							
22	Colocar saco en tolva	1"							

Figura 39. Diagrama Hombre – Máquina de la etapa de ensacado
Fuente: Elaboración propia

La propuesta del diseño tiene como objetivo automatizar la etapa de ensacado, estandarizando los tiempos y evitando daños ergonómicos hacia el personal; se toma como base el espacio libre de la planta, donde está ubicada la etapa de ensacado, no sobrepasando ni desperdiciando espacio.

El diseño a desarrollar cuenta con algunas piezas de la misma empresa, en las cuales se harán modificaciones o mejoras, por otro lado, las piezas y componentes a implementar se analizará si lo que conviene es adquirirlo a través de una compra o desarrollarlo (construirlo) por la misma empresa.

Las piezas y desarrollo del sistema se basarán en un funcionamiento propuesto, el cual es el siguiente:

3.2.3 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE ENSACADO

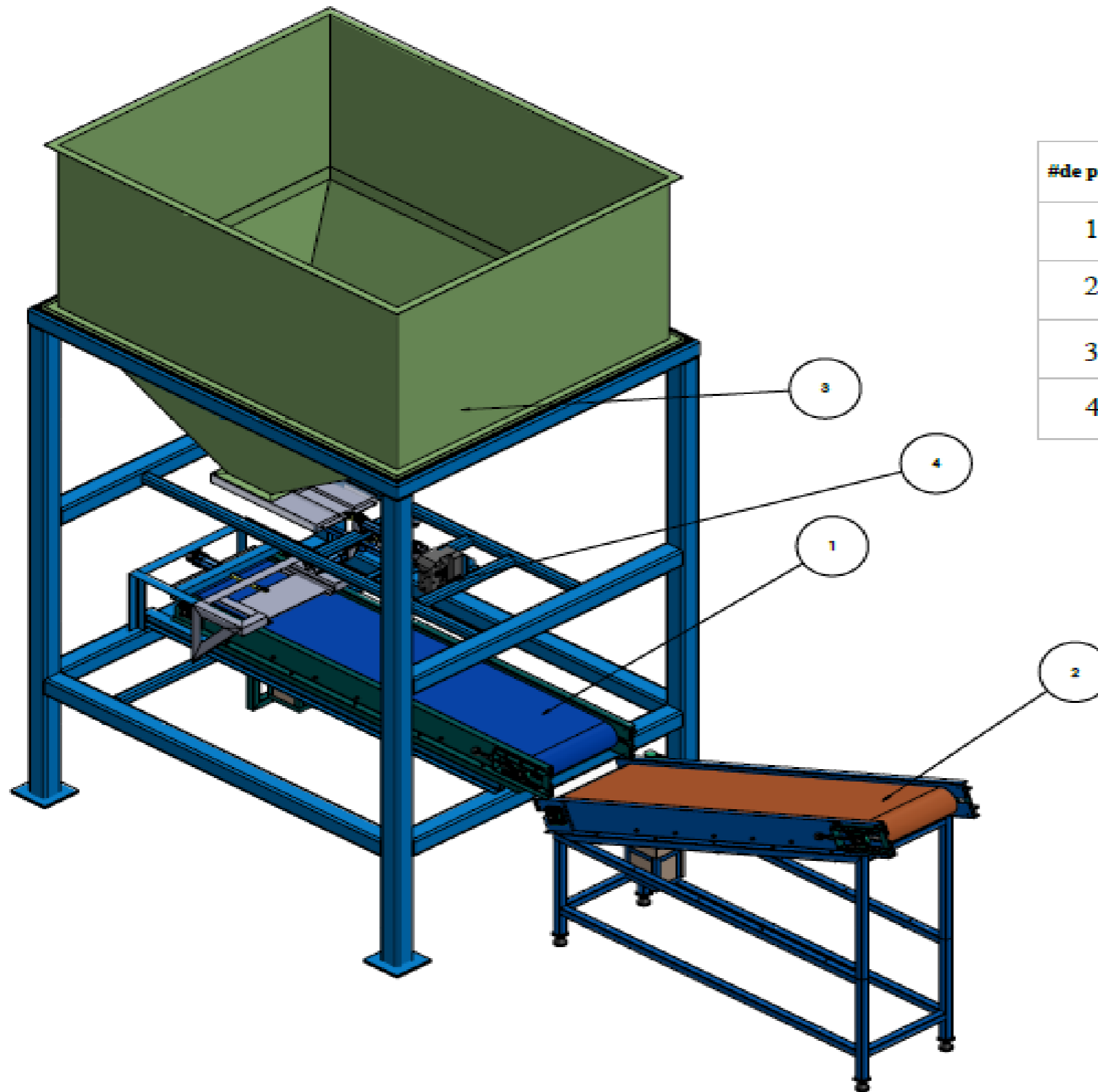
Para el diseño y las características de calidad, durabilidad de la máquina se requiere seguir un proceso de selección ordenado y adecuado, el cual cumpla con las especificaciones y parámetros requeridos

El diseño del sistema automatizado está desarrollado por partes, las cuales van desde las estructuras bases hasta los mecanismos de automatización. La división del diseño está clasificada por diferentes sistemas.

Este diseño se desarrolla en el software SOLIDWORKS 2016, donde se muestran todas las estructuras principales del diseño y estando en el espacio libre correspondiente a la empresa.

Cada parte del diseño se describirá posterior al diseño render del sistema, indicando procedencia y características.

El plano N°1 muestra el diseño estructural en forma general, con vista isométrica y renderizado, cada sistema será detallado en su punto, mientras que los componentes se detallan en los anexos.



LEYENDA DEL DISEÑO AUTOMATIZADO

#de pieza	Sistema	Descripción
1	Sistema de transporte	Faja transportadora horizontal
2		Faja transportadora diagonal
3	Sistema de llenado y cosido	Tolva de llenado
4		Máquina de cosido

Fuente: Solidworks 2016 (propia)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MENDOZA	Fecha: Diciembre 2017
Facultad de INGENIERÍA	Elaborado por: Lucas Sebastián Tello
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE ENCADADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA	DISEÑO GENERAL DE LA ETAPA DE ENCADADO
	A1

En el diagrama de tiempos (Fig. 40), se observan diferentes operaciones las cuales están clasificadas en los sistemas:

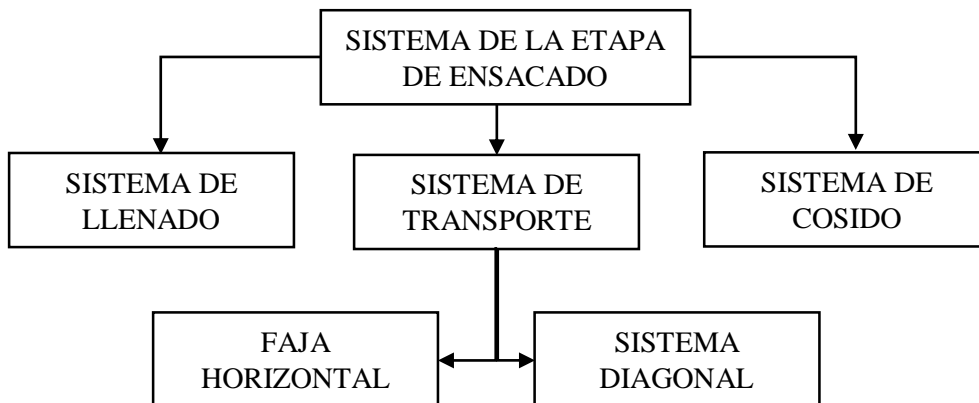


Figura 40. Diagrama del sistema de la etapa de ensacado
Fuente: Propia 2017

Una vez identificados los sistemas de la etapa de ensacado y sabiendo el funcionamiento, se puede empezar a diseñar estructuralmente todas las partes de este. Lo primero es los datos iniciales de la empresa, con respecto al material y producto a procesar.

Después de haber seleccionado el concepto a desarrollar y diseñado dicho concepto, se procede a seleccionar los componentes físicos que conformaran el producto como lo son: los motores que llevaran las bandas transportadoras, el dispositivo que procesará los datos y se usará para realizar el control, sensor para el cierre o abertura de la tolva, sensor para captar el nivel de arroz.

La selección de los dispositivos se hará realizando una evaluación a través de matrices de tamizaje con diferentes criterios de evaluación.

3.2.3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE

El sistema de transporte de la etapa de ensacado está conformado por las fajas transportadoras que transportarán el saco, siendo de dos fajas, una horizontal y otra diagonal.

Se realizó el diseño en programa Solidworks 2016, indicando las medidas principales de este.

A. FAJA TRANSPORTADORA HORIZONTAL

(NTP 89, 1984) Las bandas y rodillos transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continuada.

En esta etapa del desarrollo de las fajas transportadoras se explicará todos los detalles de sus componentes, los materiales con las que están hechas, cálculos de las velocidades y fuerzas de sus motores. Para un mejor entendimiento y conocimiento de piezas por cada componente resaltante, figurará un plano del diseño de este, ubicado en los anexos.

La faja transportadora está constituida por una banda transportadora en forma horizontal o lineal, por donde se transportará el saco de arroz; un soporte de saco, que lo mantendrá al saco separado de la faja que estará en movimiento mientras este se llena.

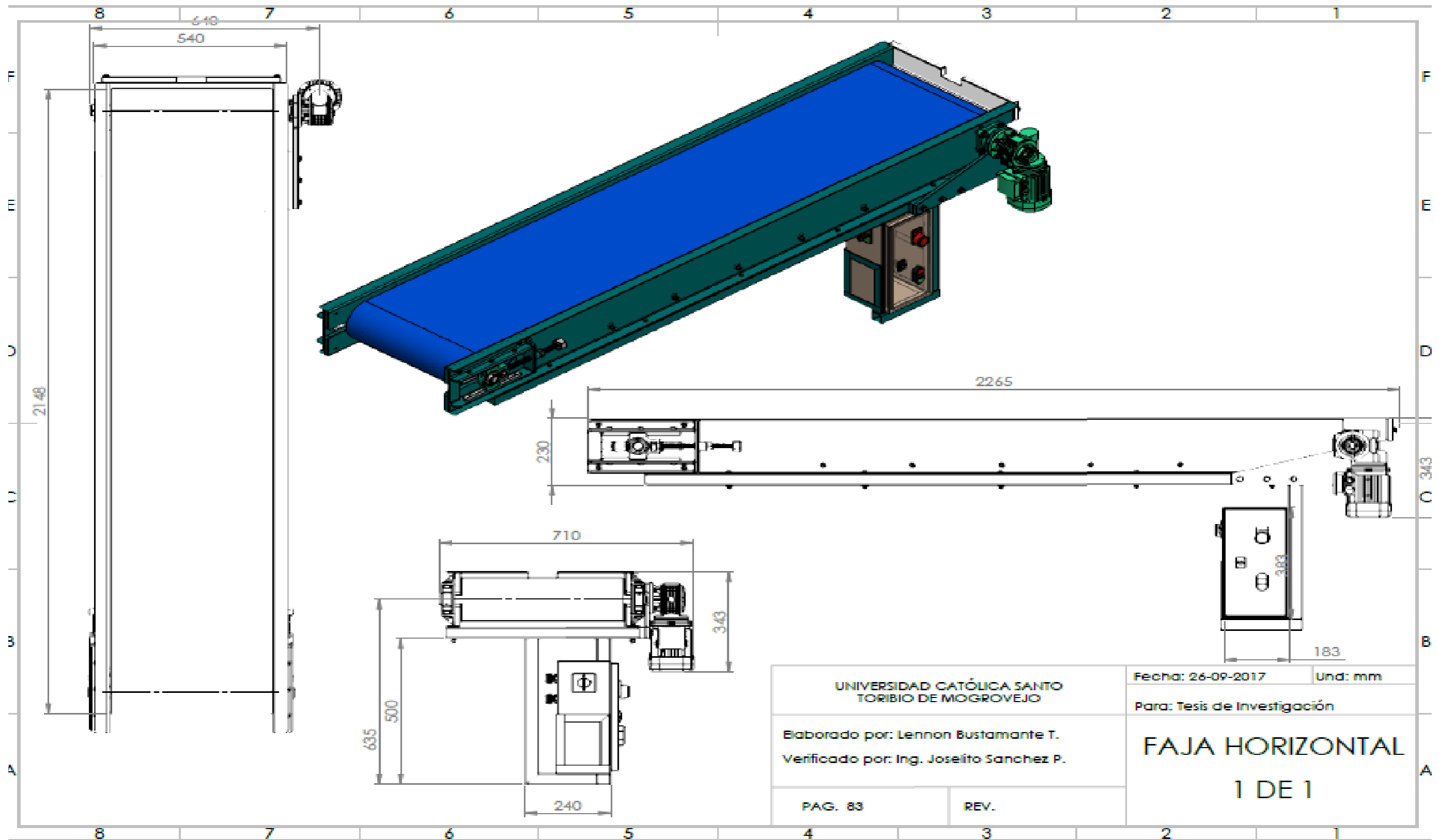
Para poder diseñar, calcular y elegir la banda transportadora lo primero es definir qué se va a transportar, con ese dato se obtiene el peso y las longitudes, que nos permitirán la elección del ancho de la banda transportadora.

Para el diseño de la banda transportadora se toma en cuenta la velocidad a la cual se moverán los sacos, se tomará en cuenta el tipo de material de la banda transportadora, así como su forma y dimensiones por lo cual se determinó que la banda será de tipo horizontal por el proceso de ensacado.

El peso del saco no debe exceder los 49kg y debe tener una longitud máxima de 2 m, para poder definir el ancho y la distancian entre la banda y la boca de descarga de la tolva se toman los datos de la tabla 12, donde se muestran las especificaciones del saco. Los cálculos se efectúan en base al material principal (saco de arroz), es decir, el producto final de la empresa Molisam I E.I.R.L.

En la siguiente figura se observa el plano de la faja transportadora horizontal, mostrando las medidas más importantes de dicha faja, los cálculos de los componentes se detallarán en los siguientes puntos.

Diseño CAD del sistema automatizado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
Elaborado por: Lennon Bustamante T. Verificado por: Ing. Joselito Sanchez P.	
PAG. 83	REV.

Fecha: 26-09-2017	Und: mm
Para: Tesis de Investigación	
FAJA HORIZONTAL	
1 DE 1	

Fuente: Solidworks 2016 (propia)

Diseño CAD del sistema automatizado

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura-01	1
2	Longarina-01	1
3	T E-01	2
4	T E-02	4
5	Chumacera de Ajuste Comercial_uct205	2
6	T E-04	2
7	T E-03	2
8	Pin Elastico Ø6-28	2
9	Tuerca Hexa M16x2	2
10	Paraf Allen din_912-m6x20	12
11	Arandela de Presion Ø6	32
12	Arandela Lisa Ø6	32
13	Paraf Allen din_912-m8x20	18
14	Arandela de Presion Ø 8 dim 128	28
15	Arandela lisa 8 x 16 x 1 6	28
16	Chumacera de Pared UCF205 0	2
17	Paraf Cab Sext M10x30	11
18	Arandela de Presion Ø 10 dia 128	11
19	Arandela lisa 10 x 20 x 2	11
20	Longarina-02	1
21	Tambor de traccion	1
22	tambor de retorno	1
23	Placa de deslize	1
24	Soporte	5
25	Allen Cab Chata M5X10	12
26	Sup_Motorreductor	1
27	MOTORREDUTOR	1
28	Paraf Cab Sext M8x33	6
29	Tuerca Hexa-m8x1,25	4
30	Banda de lona	1
31	Caja Panel Electrico	1
32	Porta Panel Electrico	1
33	Pin Panel	2
34	Sup Trinco	1
35	Miolo	1
36	Lingheta	1
37	Corpo	2
38	Anillo	2
39	Tuerca de fijacion	2
40	Bocina	2
41	Tuerca de Ajuste	2
42	P-01	1
43	P-02	1
44	Paraf Cab Sext M6x60	10
45	Tuerca Hexa M6x1	10
46	Limitador	1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

Preparado para: Tesis de pregrado

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE ENSACADO PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MOLISAM I E.I.R.L.

Fecha: 04/10/2017 REVISION

Elaborado por: Lennon Bustamante Tello

EXPLOSIONADO BANDA HORIZONTAL

N.º DE DIBUJO: 6 A3

ESCALA: 1:1 PÁGINA 1 DE 1

Fuente: Solidworks 2016 (propia)

Estructura soportante

La estructura soportante de una faja transportadora está compuesta por perfiles tubulares o angulares, en soportes o torres estructurales apernadas o soldadas en una base sólida.

Elementos deslizantes

Son los elementos sobre los cuales se apoya la carga, ya sea en forma directa o indirecta, perteneciendo a estos los siguientes:

- **Banda:** la banda propiamente tal, tendrá una gran variedad de características, y su elección dependerá en gran parte del material a transportar, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida, capacidad de carga a transportar, etc.
- **Polines o rodillos menores:** estos rodillos son los encargados de dar tensión a la banda transportadora, para que exista una mejor tensión y desplazamiento.
- **Sistema motriz:** el elemento motriz de mayor uso en los transportadores es el del tipo eléctrico, variando sus características según la exigencia a la cual sea sometido. Entre ellos el motor, las poleas, los engranajes, el motorreductor.

Parámetros principales en una cinta transportadora

Para el diseño estructural de una banda transportadora, se necesitan algunas especificaciones sobre cuál o qué se va a transportar para poder seguir con las siguientes especificaciones, como se concisa en lo siguiente:

- Ancho de la banda: 450 mm
- Longitud de equipo: 2 000 mm
- Diámetro de tambor: 142 mm
- Longitud de banda: longitud de equipo x 2 + circunferencia de tambor + 2
- Longitud de banda = $2000 \times 2 + 2\pi (70,5 \text{ mm}) + 2$
- Longitud de banda: 4 444,96 mm

a) Material a transportar

El material a transportar es arroz blanco ensacado o sacos de arroz, es un material rígido, pesado y ocupa un gran espacio por unidad. Las especificaciones mostradas en la tabla 15.



Figura 41. Saco de arroz
Fuente: Empresa Molisam I E.I.R.L.

b) Datos propios de la empresa:

En el siguiente cuadro se muestran las especificaciones principales del saco de arroz, los cuales nos servirán como guía para los diseños posteriores.

Tabla 18. Especificaciones del saco de arroz

Variable	Valor
Masa del saco	49 kg
Ancho del saco	470 mm
Espesor del saco	360 mm
Altura del saco	75 mm
Densidad	800 kg/m ³

Fuente: Molisam (Elaboración propia)

Como segundo punto es el seleccionar que tipo de dispositivos se van a usar por cada sistema del diseño, como son: los motores que llevarán las fajas transportadoras, el dispositivo que procesará los datos y se usará para realizar el control, sensores para captar señal y sensor para la ausencia de material, indicadores de alarmas cuando ocurra algún error o cuando se haya acabado el proceso.

La selección de componentes o dispositivos que llevará el diseño final se hará a través de matrices de tamizaje o comparación con diferentes criterios de evaluación.

c) Determinación del tambor a utilizar

El sistema de rodillos funciona por medio de un motor de rotación; el cual por a través de un motorreductor transfiere esta energía al tambor motriz como se observa en la figura n°42, lo cual hace que el sistema opere de una manera eficiente haciendo rodar al tambor motriz, lo cual hará girar a una misma velocidad el tambor fijo o retorno.

Para definir los diámetros de los tambores a utilizar en la faja transportadora se requiere como dato principal, el ancho de la banda transportadora.

$$\text{ancho de la banda transportadora} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{ancho de la banda transportadora} = 17,77 \text{ in}$$

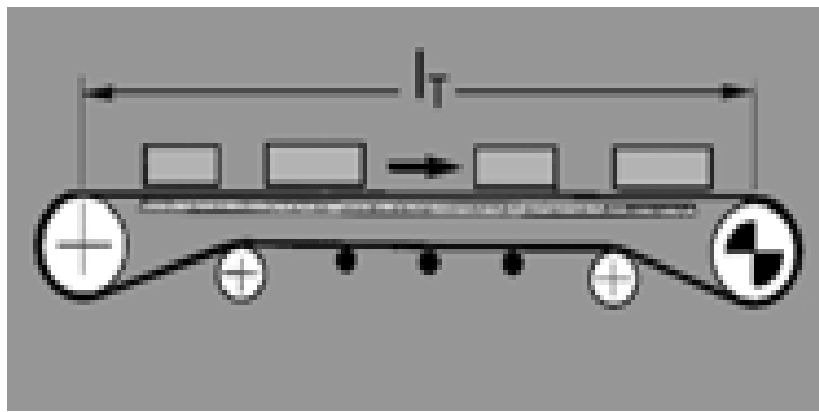


Figura 42. Faja transportadora – tambor motriz
Fuente: Power transmission and conveying componets, pag. F – 18

Rodillos de transporte o Tambores

Según los datos de la tabla 16 se toma como diámetro del tambor el dato “recomendado”, ya que por ser el de mayor diámetro es el ideal a nuestro diseño.

Tabla 19. Dimensiones de rodillos en pulgadas (rodillos de transporte y de retorno)

ANCHO BANDA	B mm	C mm	D			L mm
			Recomendado	Mínimo	Máximo	
10 "	724	686	142	70	127	533
20 "	775	737	142	70	127	584
24 "	876	838	142	70	127	686
30 "	1 029	9 91	142	70	127	838
36 "	1 181	1 143	142	70	127	991
42 "	1 334	1 295	142	70	127	1 143
48 "	1 486	1 448	142	70	127	1 295

Fuente: Power transmission and conveying componets, pag. F – 18

Donde:

- D = diámetro del rodillo
- L = longitud del rodillo
- B = Ancho del transportador
- C = Distancia entre centros de los soportes del rodillo

Teniendo como resultados de la elección:

- Diámetro del tambor: 142 mm
- Debido a que el saco debe ir junto a los extremos de la faja transportadora para mantener estabilidad, la longitud del tambor es igual a la de la banda transportadora, 450 mm.

d) Determinar Velocidad del Transportador.

Basándonos en la necesidad de la empresa de optimizar tiempos de operación y teniendo en cuenta el gráfico propuesto de tiempos de los pasos del ensacado (fig n°33), se decide trabajar una velocidad de ensacado de 7 sacos por minuto.

Según las observaciones realizadas en la empresa, un dato promedio del ensacado sin ERROR en la parada de peso es de 5 segundos, pero teniendo en cuenta que en este diseño de la estructura de la tolva se modificó la apertura de la boca de descarga, por lo que el flujo volumétrico aumenta, en promedio la producción de sacos por minutos es de 7 sacos x min.

$$\text{Velocidad de ensacado} = \frac{7 \text{ sacos}}{\text{minuto}}$$

El tiempo de recorrido del saco de arroz durante toda la faja horizontal es de 9 segundos, esto se observa en el diagrama de Gantt (Fig. 37), correspondientes a las operaciones: transporte de saco por faja, cosido del saco y la llega del saco a la faja diagonal; la distancia recorrida del saco es de:

$$\text{Recorrido del saco} = \frac{1,8 \text{ metros}}{\text{saco}}$$

Teniendo en cuenta el tiempo de recorrido de cada saco y la distancia recorrida por dicho saco, se puede obtener la velocidad de trabajo de la banda de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad de trabajo} = \frac{1,8 \frac{\text{metros}}{\text{saco}}}{9 \frac{\text{segundos}}{\text{saco}}} \times \frac{60 \text{ segundos}}{\text{minuto}} = 12 \frac{\text{metros}}{\text{minuto}}$$

e) Cálculo de Motor

La velocidad de trabajo establecida para esta banda es de 12 metros por minuto; una vez se tiene el diámetro del tambor y la velocidad de trabajo se puede proceder

a hallar las RPM que debe tener el motor para poder mover la banda de manera apropiada.

$$RPM = \frac{\text{velocidad de trabajo}}{\pi * \text{diámetro del tambor}}$$

$$RPM = \frac{12 \frac{m}{min}}{\pi * 0,142}$$

$$RPM = 21,09$$

f) Cálculo de la Potencia del Motor

Para terminar los cálculos pertinentes para el motor de la faja transportadora diagonal, es indispensable hallar la fuerza o la potencia motriz del motor. La fuerza del motor se calcula con la siguiente ecuación encontrada en el manual de bandas transportadoras de Intralox:

$$HP = \frac{ABP * B * RPM}{330}$$

Donde:

- ABP = Fuerza de tracción ajustada de la banda (kg/m)
- B = Ancho de la banda (m)
- RPM = Velocidad de la banda en RPM

Para hallar la fuerza de tracción ajustada de la banda se debe tener en cuenta la carga de tensión de la banda, o tracción de la banda (BP) en Kg/m, y multiplicarla por el factor de servicio para bandas transportadoras inclinadas (SF).

$$ABP = BP * SF$$

$$BP = (M * 2W) * Fw * L + (M * H)$$

Donde:

- M = Carga del producto ($\frac{Kg}{m^2}$)
- W = Peso de la banda ($\frac{Kg}{m^2}$)
- L = Longitud de la banda centro a centro (m)
- H = Cambio de altura de la banda (m)
- Fw = Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda.
- Mp = M*(Fp*número de productos acumulados). Carga debido a la acumulación de producto.

A continuación, se muestra el cálculo de cada una de las variables mostradas en las ecuaciones anteriores, y reemplazándolas para finalmente hallar la potencia del motor

$$M = 49 \frac{kg}{m^2} \text{ (ya que en la faja solo habrá un saco por instancia)}$$

Para saber el peso de la faja transportadora diagonal necesitamos el peso a través del material que es el acetal, donde su peso es $7,3 \frac{kg}{m^2}$, se puede observar en el anexo 3.

$$W = 7,3 \frac{kg}{m^2}$$

La longitud de la banda desde los centros de los tambores es igual a la longitud de equipo.

$$L = 1,842 \text{ m}$$

El cambio de altura es representado por la diferencia entre el punto más alto de la banda transportadora y el punto más bajo:

$$H = 1,514 \text{ m} - 0,684 \text{ m}$$

$$H = 0,83 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción entra la placa de deslice de acero inoxidable y la cinta transportadora de acetal (F_w) y el coeficiente de fricción entre el producto y la banda (F_p), también se obtuvieron del manual de Intralox, y son 0,18 – 0,16 respectivamente. Reemplazando F_p , y el número de sacos que se pueden acumular en la banda transportadora, para hallar M_p , se obtiene:

$$M_p = 49 \frac{kg}{m^2} * (0,16 * 1)$$

$$M_p = 7,84 \frac{kg}{m^2}$$

Reemplazando todos los valores en la ecuación de BP para hallar la carga de tensión de la banda.

$$BP = \left(49 \frac{kg}{m^2} + 2 \left(7,3 \frac{kg}{m^2} \right) \right) * 0,16 * 1,842 \text{ m} + \left(49 \frac{kg}{m^2} * 0,83 \text{ m} \right)$$

$$BP = 59,41 \frac{kg}{m}$$

Este valor se multiplica por el factor de servicio para bandas transportadoras ascendentes, el cual equivale a 1,4 según el anexo 4, para dar con la tracción ajustada de la banda, ABP.

$$ABP = 59,41 \frac{kg}{m} * 1,4$$

$$ABP = 83,174 \frac{kg}{m}$$

Finalmente, se remplazan los valores de fuerza de tracción ajustada de la banda (ABP), ancho de la banda (B), y la velocidad de trabajo (RPM), para calcular la fuerza necesaria con la que debe contar el motor para poder mover la banda diagonal.

$$HP = \frac{131,20 \frac{kg}{m} * 0,45 m * 21,09 RPM}{330}$$

$$POTENCIA DEL MOTOR = 4,5 HP$$

g) Cálculo del peso de la faja transportadora

Para saber el peso de la faja transportadora es necesario conocer el peso de todos los materiales con la que está hecha, para eso se inicia con la banda sintética de PVC, la cual tiene un peso de $3,5 \frac{kg}{m^2}$. Así de esta forma se toman las dimensiones del largo por el ancho de la banda para conocer el área (A_H) que se va utilizar, para así calcular el peso de la siguiente manera:

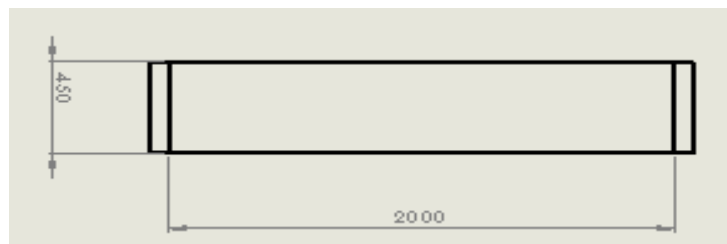


Figura 43. Dimensiones de la banda sintética
Fuente: Solidworks 2016 (elaboración propia)

Donde:

- Ancho = 0,45 m
- Largo total = $2000 \times 2 + 2\pi (70,5 \text{ mm}) + 2 = 4,445 \text{ m}$

$$A_H = 4,445 m * 0,45 m$$

$$A_H = 2 m^2$$

Es decir, que la masa de la banda sintética (m_H) sería de:

$$m_H = A_H * 3,5 \frac{kg}{m^2}$$

$$m_H = 7 kg$$

Así que la banda pesaría:

$$W_H = m_H * g$$

$$W_H = 68,6 N$$

Luego de conocer el peso de la banda sintética, es necesario calcular el peso de la placa de deslice que está debajo de la banda, es decir, la que soporta la banda. Es de acero inoxidable y de calibre 12, el cual tiene un peso de $19,5 \frac{kg}{m^2}$. Para calcular el peso de la lámina es necesario tener claro sus medidas de largo y ancho, para de esta forma calcular el área (A_p) que se va a utilizar y así hallar su respectivo peso.

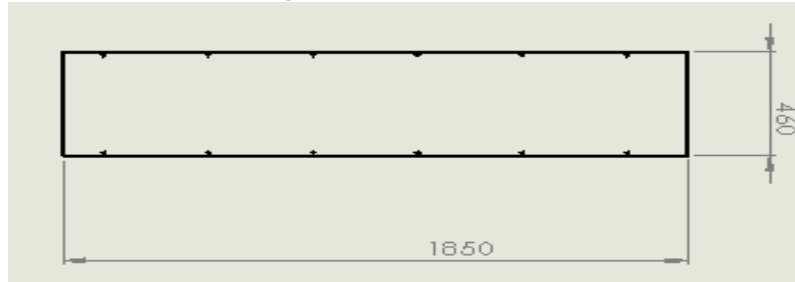


Figura 44. Dimensiones de la placa de deslice
Fuente: Solidworks 2016 (elaboración propia)

Donde:

- Ancho = 0,46 m
- Largo total = 1,85 m

$$A_p = 1,85 m * 0,46 m$$

$$A_p = 0,851 m^2$$

Es decir, que la masa de la placa de deslice (m_p) sería de:

$$m_p = A_p * 19,5 \frac{kg}{m^2}$$

$$m_p = 16,595 kg$$

Así que la banda pesaría:

$$W_p = m_p * g$$

$$W_p = 162,63 N$$

La faja transportadora también consta de los dos tambores (motriz y fijo), uno a cada extremo, y cada uno de ellos tiene una masa de 5kg, por lo tanto, su peso (W_t) sería calculado de la siguiente forma:

$$W_t = m_t * 2 * g$$

$$W_t = 98 N$$

Además, la faja transportadora consta de un motor reductor, el cual tiene una masa de 12kg por lo tanto el peso (W_m) de este, sería de:

$$W_m = m_m * g$$

$$W_m = 117,6 N$$

Después de conocer todos los pesos de los elementos que está conformada la faja transportadora horizontal, se puede calcular el peso total de la banda (W_{TOTAL}) de la siguiente forma:

$$W_{TOTAL} = W_m + W_t + W_p + W_H$$
$$W_{TOTAL} = 446,83 \text{ N}$$

B. FAJA TRANSPORTADORA DIAGONAL

Esta faja transportadora cumple la misma función que la faja horizontal, que es transportar el saco hasta su destino final, esta vez el saco no irá en posición vertical, si no, acostada en la faja.

La faja transportadora diagonal, es el medio por el cual, el operario encargado de cargar el saco, evitará los movimientos que afecten a su espalda, por consiguiente, se diseñó esta faja pensando en él, llevando el saco hasta aproximadamente el hombro del operario.

Si bien esta faja tiene los mismos principios que la faja transportadora horizontal, este módulo estará diseñada con una banda especial debido a que el saco debe aferrarse a la faja y no se deslice, por eso no se puede utilizar material sintético, sino que necesita utilizar un material plástico (polímero), los cuales se le pueden adicionar diferentes tipos de formas de accesorios. La banda más indicada para estas aplicaciones es el acetil, el cual es de la marca Intralox de la serie 900 flat top, como se puede observar en el anexo 3.

Algunas especificaciones de la faja transportadora son:

- Ancho de la banda: 450 mm
- Longitud de equipo: 1842 mm
- Diámetro de tambor: 142 mm
- Longitud de banda: longitud de equipo x 2 + circunferencia de tambor + 2
- Longitud de banda = $1842 \times 2 + 2\pi (70,5 \text{ mm}) + 2$
- Longitud de banda: 4 128,96 mm

a) Determinar Velocidad del Transportador.

Basándonos en la necesidad de la empresa de optimizar tiempos de operación y teniendo en cuenta el gráfico propuesto (fig. 33) de tiempos de las operaciones de la etapa de ensacado, el tiempo de recorrido del saco de arroz durante toda la faja diagonal es de 5 segundos, correspondientes a la operación: transporte de saco por faja.

$$\text{Recorrido del saco} = \frac{1,842 \text{ metros}}{\text{saco}}$$

Teniendo en cuenta el tiempo de recorrido de cada saco y la distancia recorrida por dicho saco, se puede obtener la velocidad de trabajo de la banda de la siguiente manera:

$$Velocidad\ de\ trabajo = \frac{1,842 \frac{metros}{saco}}{5 \frac{segundos}{saco}} \times \frac{60 segundos}{minuto} = 22,104 \frac{metros}{minuto}$$

b) Cálculo de Motor

La velocidad de trabajo establecida para esta banda es de 24 metros por minuto; una vez que se tiene el diámetro del tambor y la velocidad de trabajo se puede proceder a hallar las RPM que debe tener el motor para poder mover la banda de manera apropiada.

$$RPM = \frac{velocidad\ de\ trabajo}{\pi * diámetro\ del\ tambor}$$

$$RPM = \frac{22,104 \frac{m}{min}}{\pi * 0,142}$$

$$RPM = 49,55$$

c) Cálculo de la Potencia del Motor

Para terminar los cálculos pertinentes para el motor de la faja transportadora diagonal, es indispensable hallar la fuerza o la potencia motriz del motor. Se debe tener en cuenta que esta banda se encuentra inclinada con un ángulo de 22 grados, por lo tanto, va a tener el motor que requiere de mayor potencia para poder mover el peso de toda la banda. La fuerza del motor se calcula con la siguiente ecuación encontrada en el manual de bandas transportadoras de Intralox:

$$HP = \frac{ABP * B * RPM}{330}$$

Donde:

- ABP = Fuerza de tracción ajustada de la banda (kg/m)
- B = Ancho de la banda (m)
- RPM = Velocidad de la banda en RPM

Para hallar la fuerza de tracción ajustada de la banda se debe tener en cuenta la carga de tensión de la banda, o tracción de la banda (BP) en Kg/m, y multiplicarla por el factor de servicio para bandas transportadoras inclinadas (SF).

$$ABP = BP * SF$$

$$BP = (M * 2W) * Fw * L + (M * H)$$

Donde:

- M = Carga del producto ($\frac{Kg}{m^2}$)
- W = Peso de la banda ($\frac{Kg}{m^2}$)
- L = Longitud de la banda centro a centro (m)

- H = Cambio de altura de la banda (m)
- Fw = Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda.
- Mp = M*(Fp*número de productos acumulados). Carga debido a la acumulación de producto.

A continuación, se muestra el cálculo de cada una de las variables mostradas en las ecuaciones anteriores, y reemplazándolas para finalmente hallar la potencia del motor

$$M = 49 \frac{kg}{m^2} \text{ (ya que en la faja solo habrá un saco por instancia)}$$

Para saber el peso de la faja transportadora diagonal necesitamos el peso a través del material que es el acetal, donde su peso es $7,3 \frac{kg}{m^2}$, se puede observar en el anexo 3.

$$W = 7,3 \frac{kg}{m^2}$$

La longitud de la banda desde los centros de los tambores es igual a la longitud de equipo.

$$L = 1,842 \text{ m}$$

El cambio de altura es representado por la diferencia entre el punto más alto de la banda transportadora y el punto más bajo:

$$H = 1,514 \text{ m} - 0,684 \text{ m}$$

$$H = 0,83 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción entra la placa de deslice de acero inoxidable y la cinta transportadora de acetal (Fw) y el coeficiente de fricción entre el producto y la banda (Fp), también se obtuvieron del manual de Intralox, y son 0,18 – 0,16 respectivamente. Remplazando Fp, y el número de sacos que se pueden acumular en la banda transportadora, para hallar Mp, se obtiene:

$$Mp = 49 \frac{kg}{m^2} * (0,16 * 1)$$

$$Mp = 7,84 \frac{kg}{m^2}$$

Remplazando todos los valores en la ecuación de BP para hallar la carga de tensión de la banda.

$$BP = \left(49 \frac{kg}{m^2} + 2 \left(7,3 \frac{kg}{m^2} \right) \right) * 0,16 * 1,842 \text{ m} + \left(49 \frac{kg}{m^2} * 0,83 \text{ m} \right)$$

$$BP = 59,41 \frac{kg}{m}$$

Este valor se multiplica por el factor de servicio para bandas transportadoras ascendentes, el cual equivale a 1,4 según el anexo 4, para dar con la tracción ajustada de la banda, ABP.

$$ABP = 59,41 \frac{kg}{m} * 1,4$$

$$ABP = 83,174 \frac{kg}{m}$$

Finalmente, se remplazan los valores de fuerza de tracción ajustada de la banda (ABP), ancho de la banda (B), y la velocidad de trabajo (RPM), para calcular la fuerza necesaria con la que debe contar el motor para poder mover la banda diagonal.

$$HP = \frac{83,174 \frac{kg}{m} * 0,45 m * 49,55 RPM}{330}$$

$$**POTENCIA DEL MOTOR = 5,62HP**$$

El resultado de la potencia fue menor a la potencia del motor de la faja horizontal, debido a que en esta faja solo habrá un saco en todo el recorrido de la banda, en cambio en la horizontal por recorrido hay dos sacos, lo que genera a que se necesite mayor fuerza y por ende mayor potencia.

De acuerdo a la potencia del motor se selecciona el motor trifásico 220V 60Hz ISO9001:2000 de las siguientes características:

- Marca: SAFARI
- Voltaje: 220 V
- Hz: 60 Hz
- HP: 7,5 HP
- Kw: 5,5 Kw
- B/A: Baja
- Amp: 20,0 A
- RPM: 1 730 rpm
- NS. CL: B
- ISO: ISO 9001:2000



Figura 45. Motor trifásico SAFARO
Fuente: Catálogo SAFARI

Este motor seleccionado, también se adquirirá uno para la faja horizontal, ya que la potencia es menor a 7,5 HP siendo idónea para el proceso.

d) Motores de las fajas transportadoras

Los motores de las fajas transportadoras serán los encargados de darle movimiento a cada una de las fajas de la etapa de ensacado. Para poder realizar esto se cuentan con dos posibles opciones en el mercado, las cuales son: motor DC (corriente continua) y motor AC (corriente alterna). Para poder escoger cual es la mejor opción se realizó una matriz de tamizaje como se muestra en la tabla 17, además en el anexo B se describen las características de cada uno de estos motores, para de esta manera elegir de forma correcta el tipo de motor a utilizar.

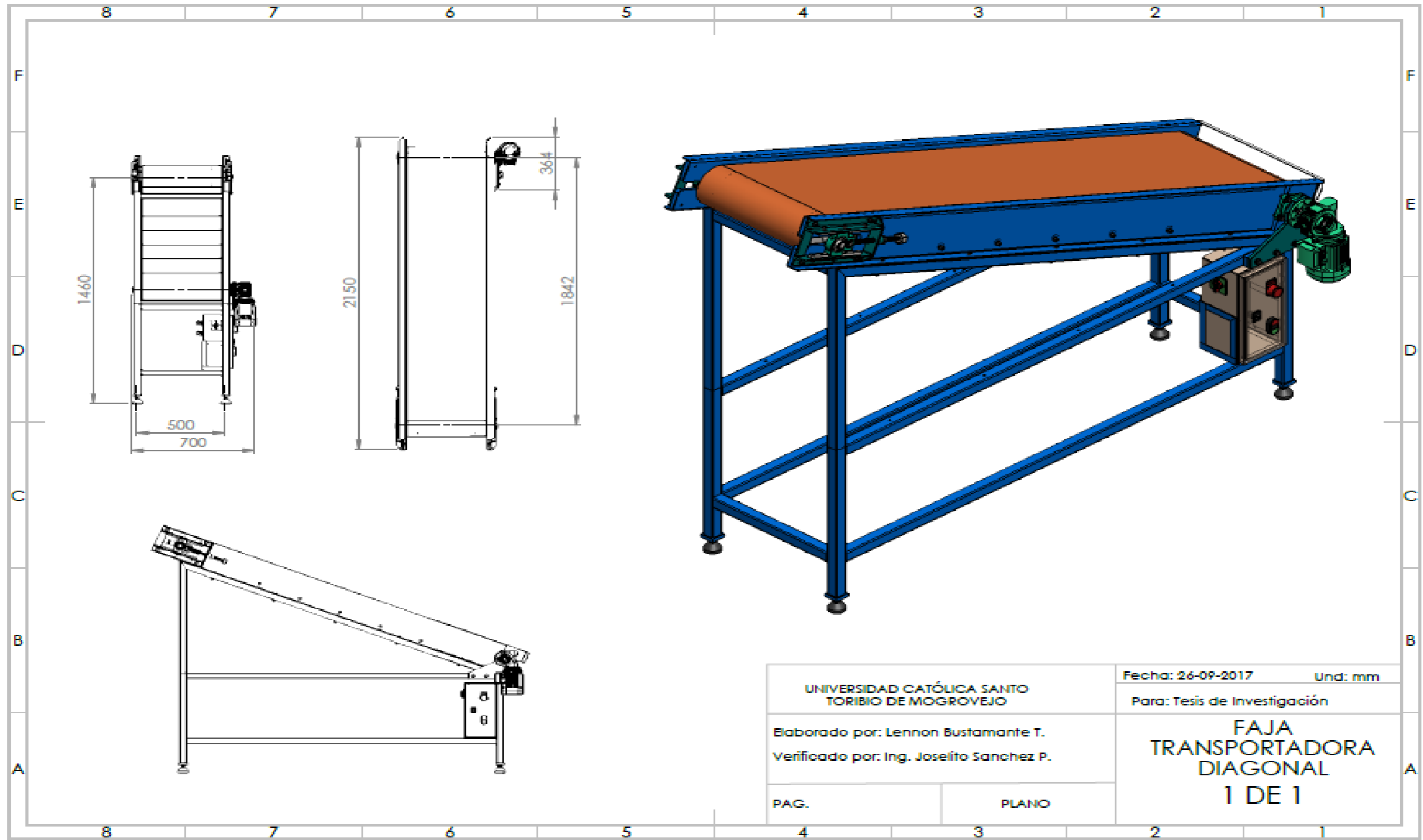
Tabla 20. Matriz de Tamizaje para los motores de las bandas transportadoras

Criterios de Selección	Motor DC	Motor AC
Funcionalidad	+	+
Vida Útil	-	+
Mantenimiento	-	-
Potencia	-	+
Costo	-	+
Positivo	1	4
Igual	0	0
Negativo	4	1
Total	-3	3
Orden	3	1
¿Continuar?	No	Si

Fuente: Chavez (2014)

El tipo de motor que tiene mejores características y puede darnos un mejor funcionamiento al sistema son los motores de corriente alterna

Diseño CAD del sistema automatizado



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		Fecha: 26-09-2017	Und: mm
Elaborado por: Lennon Bustamante T. Verificado por: Ing. Joselito Sanchez P.		Para: Tesis de Investigación	
PAG.	PLANO	FAJA TRANSPORTADORA DIAGONAL 1 DE 1	
4	3		

Fuente: Solidworks 2016 (propia)

Diseño CAD del sistema automatizado

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Estructura-01_INI	1
2	Longarina-01_IN	1
3	T E-01_IN	2
4	T E-02_IN	4
5	Chumacera de Ajuste Comercial_nct205_wb_0_0_03_IN	2
6	T E-04_IN	2
7	T E-03_IN	2
8	Pin Elastico Ø6-28_IN	2
9	Tuerca Hexa M16x2_IN	2
10	Paraf Allen din_912-m6x20_IN	12
11	Arandela de Presion Ø6_IN	32
12	Arandela Lisa Ø6_IN	32
13	Paraf Allen din_912-m8x20_IN	18
14	Arandela de Presion Ø 8 din 128_IN	28
15	Arandela lisa 8 x 16 x 1.6_IN	28
16	Chumacera de Pared UCF205 0_IN	2
17	Paraf Cab Sext M10x30_IN	11
18	Arandela de Presion Ø 10 din 128_IN	11
19	Arandela lisa 10 x 20 x 2_IN	11
20	Longarina-02_IN	1
21	Tambor de traccion_IN	1
22	tambor de retorno_IN	1
23	Placa de deslize_IN	1
24	Suporte_IN	5
25	Paraf Allen Cab Chata M5X10_IN	12
26	Sup_Motorreductor_IN	1
27	MOTORREDUTOR_IN	1
28	Paraf Cab Sext M8x35_IN	6
29	Tuerca Hexa-m8x1,25_IN	4
30	Banda de lona_IN	1
31	Pie Nivelador_IN	4
32	Tuerca Hexa-m10 x 1,5_IN	4
33	Caja Panel Electrico_IN	1
34	Porta Panel Electrico_IN	1
35	Pin Panel_IN	2
36	Sup_Trimco_IN	1
37	Miolo_IN	1
38	Lingüeta_IN	1
39	Corpo_IN	2
40	Anillo_IN	2
41	Tuerca de fijacion_IN	2
42	Bocina_IN	2
43	Tuerca de Ajuste_IN	2
44	P-01_IN	1
45	P-02_IN	1
46	Paraf Cab Sext M6x60_IN	10
47	Tuerca Hexa M6x1_IN	10
48	Límitador_IN	1

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		Fecha: 04/10/2017	REVISIÓN
DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO EN LA ETAPA DE ENSACADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MOLISAM I.E.I.R.L.		Realizado por: Lennon Bustamante Tello	
		TÍTULO: EXPLOSIONADO DE LABANDA TRANSPORTADORA DIAGONAL	
Nº DE DIBUJO: 7		A3	
ESCALA: 1:1		PÁGINA 1 DE 1	

Fuente: Solidworks 2016 (propia)

3.2.3.2 SISTEMA DE LLENADO Y COSIDO

El sistema de llenado y cosido son operaciones de la etapa de ensacado, unidos a un solo sistema por el diseño estructural.

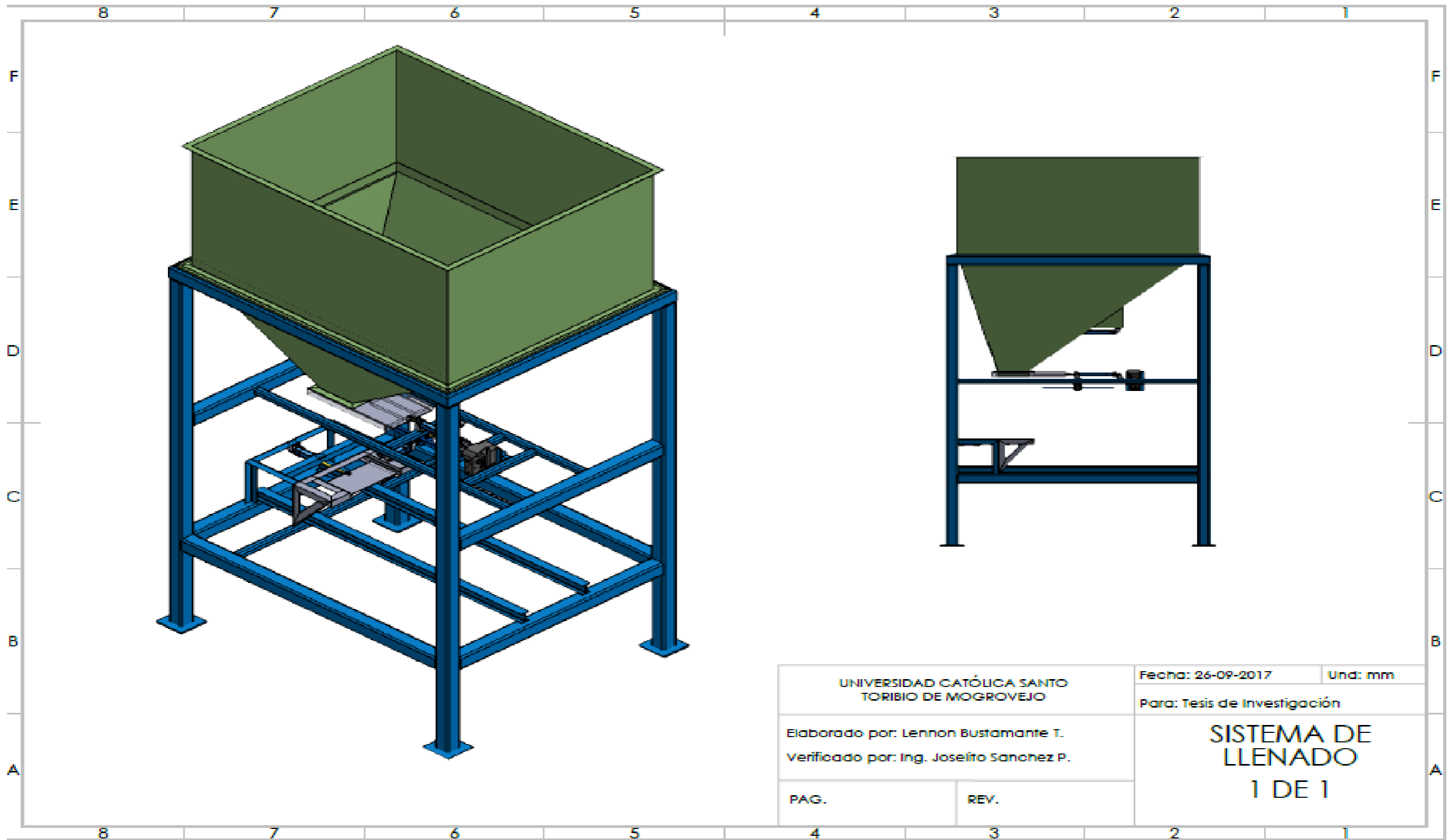
El sistema de llenado se encargará de llenar el saco vacío con 49 kilos de arroz blanco, a través de una tolva donde estará depositado el arroz y unos pestillos que darán pase y cierre a la tolva para dejar caer el arroz, de acuerdo al diseño (figura N°46). El sistema de llenado está compuesto por:

- La estructura principal
- La tolva de almacenamiento
- Los pestillos o placas de cierre
- El soporte del saco

El sistema de cosido, como su nombre lo dice se encargará de coser el saco pero a diferencia del sistema actual de la empresa, ahora es un cosido automático. El sistema de cosido está compuesto por:

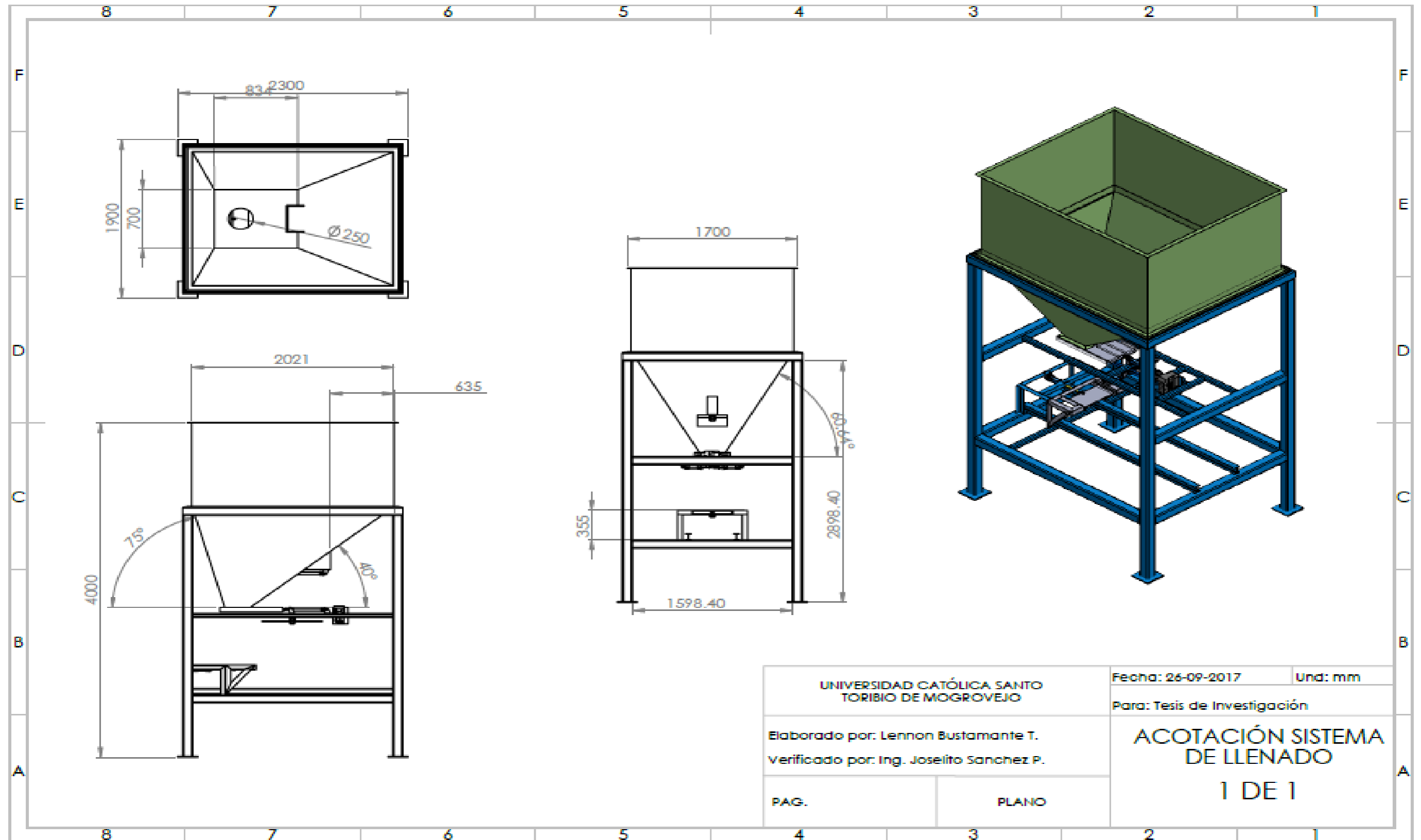
- Máquina de coser
- Las placas de ajuste del saco

Figura 46. Diseño CAD del sistema de llenado de la etapa de ensacado



Fuente: Solidworks 2016 (elaboración propia)

Figura 47. Diseño CAD del sistema de llenado de la etapa de ensacado



Fuente: Solidworks 2016 (elaboración propia)

A. Estructura

La estructura del sistema de llenado es la parte o pieza principal de toda la etapa de ensacado, esta es la pieza fija donde todas las partes del sistema irán acopladas.

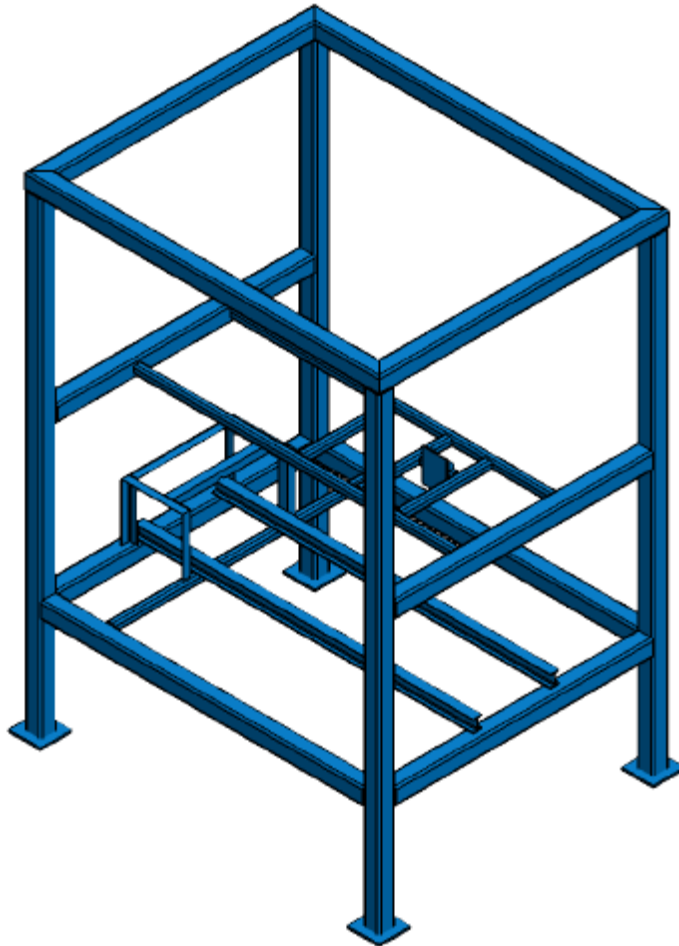


Figura 48. Estructura principal de la etapa de ensacado
Fuente: Solidworks 2016 (elaboración propia)

La estructura está conformada por tubos cuadrados de acero de las siguientes medidas:

- *Tubo cuadrado de acero de 4" calibre 7*
Estos tubos son los tubos de la estructura que soportarán toda la carga, calibre 7 es el de mayor espesor, con 4,57 mm, dando una mayor resistencia a la estructura.
- *Tubo cuadrado de acero de 2" calibre 11:*
Estos tubos son los tubos de la estructura que acoplarán las piezas pequeñas como un vástago e inclusive a la misma máquina de cosido, calibre 11 es el tubo que tiene como espesor 3,05 mm; los tubos cuadrados se comercializan en las medidas de largo de 6,10 metros (anexo 10).

Según medidas tomadas desde la estructura se realiza una suma de todas las medidas según tipo de tubo:

- Tubo cuadrado 4": Se suma todas las medidas en la estructura.

$$= 1801 * 2 + 2176 * 2 + 2898 * 4 + 1598 * 2$$

$$= 22\,742\text{ mm}$$

- Tubo cuadrado 2":

$$= 2100 * 4 + 1598 * 2 + 600 * 1 + 355 * 1 + 380 * 2$$

$$= 13\,311\text{ mm}$$

Tabla 21. Cantidades requeridas de tubos cuadrados

Tubo cuadrado	Cantidad (metros)	Medida comercial	Cantidad de tubos
Tubo cuadrado 4"	22,742 m	6,1 m	4 tubos
Tubo cuadrado 2"	13,311 m	6,1 m	3 tubos

Fuente: elaboración propia

La cantidad requerida para la construcción de la estructura es de 4 tubos de 4" calibre 7 y 3 tubos de 2" de calibre 11

B. Tolva

La tolva es un componente con el que la empresa cuenta, en el diseño se le realiza algunas modificaciones, como el ensanchamiento de la boca de descarga, para que así el volumen de 49 kg de arroz pueda alcanzar en toda la boca de descarga. Además, debido al sistema de cómo se tiene proyectado realizar el diseño, ya no tendrá solo un pestillo de abertura, sino que, ahora serán dos pestillos, estos accionados por dos cilindros neumáticos de doble efecto.

Para colocar los dos pestillos necesitamos saber el área, primero el área de la entrada y salida de la boca de descarga, siendo:

$$\textit{Entrada} = \textit{Salida}$$

Porque, internamente se modificó la tolva, dejando la entrada igual que la salida para tener un llenado de la boca igual al llenado del saco, entonces:

Medidas de la salida:

- Es un cuadro: lado 25 cm

Se tiene como dato de empresa que:

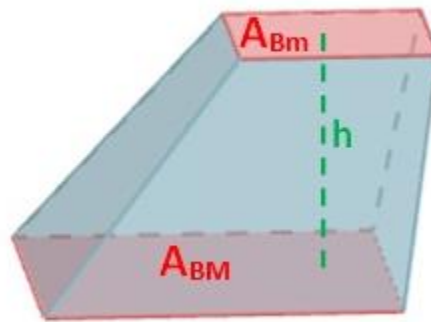
$$1 \text{ kg de arroz} = \text{ocupa } 1,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Entonces:

$$49 \text{ kg de arroz} = \text{ocupa } 0,061\ 250 \text{ m}^3$$

Para hallar la altura se usa la fórmula de volumen de un tronco de pirámide, que es:

$$\text{Volumen} = \frac{h}{3} (A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}})$$



Teniendo las medidas de la tolva del sistema de llenado (figura 46)

$$\text{largo} = \text{ancho}$$

$$A_{Bm} = (25 \times 25) \text{ cm}^2 = 625 \text{ cm}^2$$

$$A_{BM} = (70 \times 83,4) \text{ cm}^2 = 5\ 838 \text{ cm}^2$$

Reemplazando:

$$\frac{(3 * \text{Volumen})}{(A_{BM} + A_{Bm} + \sqrt{A_{BM} * A_{Bm}})} = h$$
$$\frac{(3 * 0,062\ 250 \text{ m}^3)}{(0,583\ 8 + 0,0625 + \sqrt{0,583\ 8 * 0,0625})} = h$$

$$h = 22,3 \text{ cm}$$

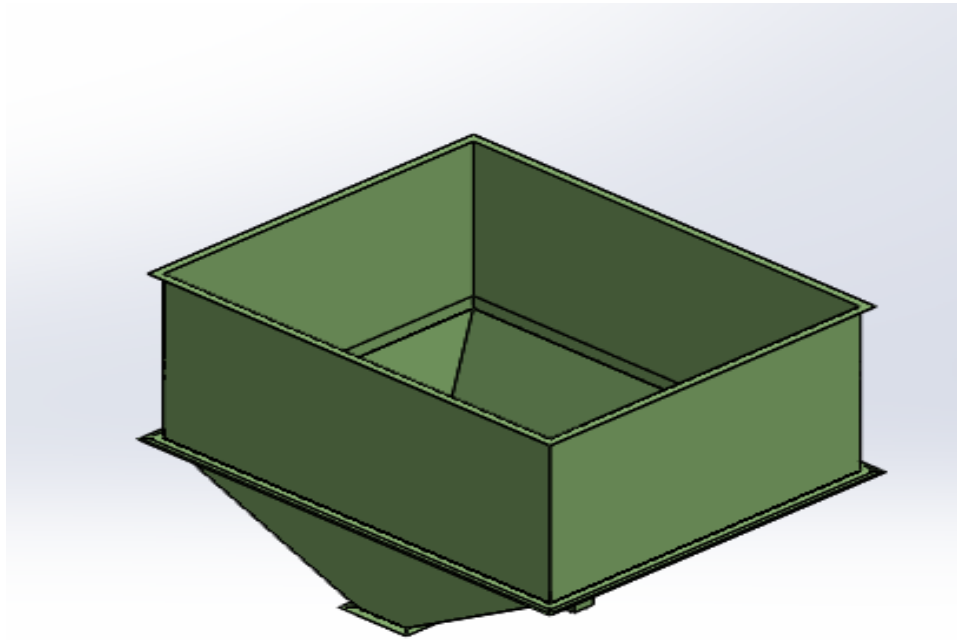


Figura 49. Tolva de almacenamiento de arroz
Fuente: Solidworks 2016 (elaboración propia)

C. Dispositivos encargados del cierre y apertura

Los dispositivos encargados de la apertura y cierre del pestillo, serán incorporados a un lado de la tolva de descarga, separados a una distancia determinada para lograr el espacio donde estarán los 49 kg de arroz. Pero, solo un dispositivo se accionará al tiempo, dependiendo de la orden que ejecute el sistema de control, obviamente eso depende de cuanto peso tiene que soportar y en qué rango de altura se encuentra. Algunos dispositivos que pueden realizar esta función son los cilindros eléctricos o neumáticos. Para la selección de uno de ellos se tendrán en cuenta los criterios que se ven en la tabla 19, y así de esta forma elegir la mejor opción.

Tabla 22. Matriz de Tamizaje para cilindros

Dispositivo encargado de la clasificación		
Criterios de Selección	Cilindro Eléctrico	Cilindro Neumático
Funcionalidad	+	+
Vida Útil	-	+
Mantenimiento	-	+
Velocidad	+	+
Preciso	+	-
Silencioso	+	-
Costo	-	+
Positivo	4	5
Igual	0	0
Negativo	3	2
Total	1	3
Orden	2	1
¿Continuar?	No	Si

Fuente: Propia

D. Cilindro o actuador neumático de doble efecto, puesto en tolva

La tolva tendrá dos pestillos de cierre o apertura, cada uno accionado por un cilindro de doble efecto. Los cilindros neumáticos son de doble efecto, colocados, uno al inicio de la boca de descarga de la tolva y el otro al finalizar la boca de descarga de la tolva. Este espacio de separación entre ambos cilindros tendrá la cantidad de 49 kg de arroz y se llenará cada que el saco no esté puesto en la boca de descarga.

Para el buen funcionamiento del llenado se necesita dos cilindros que estén hechos en acero inoxidable, debido a las condiciones de trabajo que hay en la empresa, para este caso se utilizará un cilindro AEN, el cual es un cilindro de doble efecto, lo que quiere decir que se le debe aplicar presión en ambos lados del émbolo para que este pueda realizar trabajo en ambas direcciones.

Según el catálogo (anexo 6), el cilindro tiene tres modos de fijación:

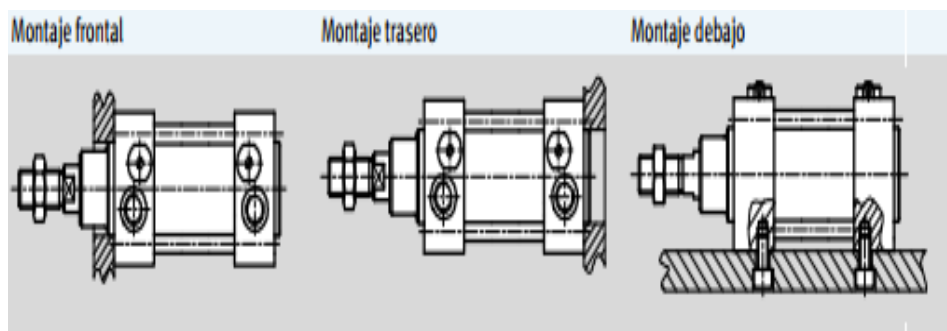


Figura 50. Métodos de fijación del cilindro CRDNG
Fuente: Catálogo Festo

De acuerdo al diseño y funcionamiento de la tolva, se determina que la fijación de los dos cilindros de doble efecto, es a través de un montaje debajo. Algunas características del cilindro guiado de doble efecto se pueden ver en la tabla 20. Para la selección del cilindro necesitamos el diámetro del émbolo y la línea de carrera a trabajar.

Tabla 23. Características del cilindro de doble efecto

Diámetro de émbolo	32 mm
Diámetro de vástago	16 mm
Carrera	200 mm
Fuerza teórica en avance	482 N
Fuerza teórica en retroceso	415 N
Presión	8 bar

Fuente: Catálogo festo

Consumo de aire de actuador neumático

El consumo del aire del actuador se calcula por las siguientes fórmulas:

$$\text{Consumo de aire} = (s * A + s * A') * n * \text{Relación de compresión}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{Presión a trabajar}}{101,3 \text{ kPa}}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 8,90$$

Donde:

- s = Línea de carrera
- A = Área de superficie del émbolo
- A' = Área de superficie de vástago
- n = ciclos por minuto del cilindro = sacos/min * 2

Para hallar las áreas se recurre a la siguiente fórmula:

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

$$A' = \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} = \frac{(3,2^2 - 1,6^2) * \pi}{4} = 6,03 \text{ cm}^2$$

Teniendo todos los datos se reemplaza en la primera ecuación:

$$\text{Consumo de aire} = (20 \text{ cm} * 8,04 \text{ cm}^2 + 20 \text{ cm} * 6,03 \text{ cm}^2) * 14 \frac{\text{c}}{\text{min}} * 8,90$$

$$\text{Consumo de aire} = 35\,062,44 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 35,062 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Como son dos cilindros:

$$\text{Consumo de aire} = 35,062 \frac{\text{L}}{\text{min}} * 2 = 70,12 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

E. Cilindro o actuador neumático de simple efecto, puesto en estructura como soporte del saco

Este cilindro estará ubicado y montado en la estructura, servirá como soporte del saco que se va llenando a través de una placa de acero. Este cilindro es un cilindro de simple efecto, lo que quiere decir que se le debe aplicar presión solo a un lado del émbolo para que este pueda realizar trabajo en una sola dirección, en este caso el retroceso.

Para el buen funcionamiento del soporte del saco, se necesita un cilindro, para este caso se utilizará un cilindro DSBG, el cual es un cilindro de simple efecto. Esta selección de cilindro se realiza bajo el catálogo de Festo, en el cual a través de su página web se ingresan los requerimientos y nos brinda el cilindro óptimo a utilizar.

Tabla 24. Características del cilindro de simple efecto

Diámetro de émbolo	32 mm
Diámetro de émbolo	16 mm
Carrera	200 mm
Fuerza teórica en avance	300 N
Fuerza teórica en retroceso	475 N
Presión	8 bar

Fuente: Catálogo festo

Consumo de aire de actuador neumático

El consumo del aire del actuador se calcula por las siguientes fórmulas:

$$\text{Consumo de aire} = (s * A + s * A') * n * \text{Relación de compresión}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{Presión a trabajar}}{101,3 \text{ kPa}}$$

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

Donde:

- s = Línea de carrera
- A = Área de superficie del émbolo
- A' = Área de superficie de vástago
- n = ciclos por minuto del cilindro = sacos/min * 1

Para hallar las áreas se recurre a la siguiente fórmula:

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

$$A' = \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} = \frac{(3,2^2 - 1,6^2) * \pi}{4} = 6,03 \text{ cm}^2$$

Teniendo todos los datos se reemplaza en la primera ecuación:

$$\text{Consumo de aire} = (20 \text{ cm} * 8,04 \text{ cm}^2 + 20 \text{ cm} * 6,03 \text{ cm}^2) * 7 \frac{\text{c}}{\text{min}} * 8,90$$

$$\text{Consumo de aire} = 17 531,22 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 17,53 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

F. MÁQUINA DE COSER PORTÁTIL

Esta máquina de coser portátil nos lo brinda la empresa, agregándole un sensor de proximidad para la detección del saco, esta máquina es de la marca SIRUBA aa 6, que cuenta con las siguientes características:

- Peso 5 Kg.
- Velocidad de cosido: 1700 rpm

- Largo de puntada: 7,2 mm
- Tipo de Aguja: D5
- Mango ortopédico de nylon reforzado
- Engrase por bomba manual
- Corte automático de hilo.

Accesorios:

- Gancho A947
- Aguja estándar D%-200Cono de hilo de 200 gr.



Figura 51. Máquina de coser portátil Siruba aa6
Fuente: Catálogo SIRUBA

Para que la máquina de coser pueda coser satisfactoriamente al saco, este debe tener sus extremos juntos, y parejos, es por eso que se diseña un ajuste para el saco, esto se da a través de 2 barras de acero el cual juntarán las puntas del saco, accionadas por dos vástagos de simple efecto. En las placas hay un sensor de proximidad que captará al saco que se transporta por la faja transportadora y cada vez que pase por estas barras las juntará para dar un buen cosido.

Para el buen funcionamiento de las barras de acero, se necesitará dos cilindros de simple efecto, sin tener que accionar con mucha fuerza, para este caso se utilizará un cilindro AEN, el cual es un cilindro de simple efecto.

Tabla 25. Características del cilindro de simple efecto

Diámetro de émbolo	32 mm
Diámetro de vástago	16 mm
Carrera	25 mm
Fuerza teórica en avance	441 N
Fuerza teórica en retroceso	373 N
Presión	8 bar

Fuente: Catálogo festo

Consumo de aire de actuador neumático

El consumo del aire del actuador se calcula por las siguientes fórmulas:

$$\text{Consumo de aire} = (s * A + s * A') * n * \text{Relación de compresión}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{Presión a trabajar}}{101,3 \text{ kPa}}$$

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 600 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 8,90$$

Donde:

- s = Línea de carrera
- A = Área de superficie del émbolo
- A' = Área de superficie de vástago
- n = ciclos por minuto del cilindro = sacos/min * 2

Para hallar las áreas se recurre a la siguiente fórmula:

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

$$A' = \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} = \frac{(3,2^2 - 1,6^2) * \pi}{4} = 6,03 \text{ cm}^2$$

Teniendo todos los datos se reemplaza en la primera ecuación:

$$\text{Consumo de aire} = (2,5 \text{ cm} * 8,04 \text{ cm}^2 + 2,5 \text{ cm} * 6,03 \text{ cm}^2) * 7 \frac{\text{c}}{\text{min}} * 8,90$$

$$\text{Consumo de aire} = 2 \ 191,40 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 2,19 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

Como son dos cilindros:

$$\text{Consumo de aire} = 2,19 \frac{\text{L}}{\text{min}} * 2 = 4,38 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

G. SELECCIÓN DE COMPRESORA

Para la selección de la compresora general se necesita la suma de todos los consumos de aire de los cilindros del proceso, por lo cual se obtiene:

$$\text{Consumo de aire} = 70,12 \frac{L}{\text{min}} + 17,53 \frac{L}{\text{min}} + 2,19 \frac{L}{\text{min}}$$

$$\text{Consumo de aire} = 89,84 \frac{L}{\text{min}}$$

De acuerdo al consumo de aire, a la presión a trabajar se selecciona un compresor de aire de acuerdo a estas características.

Producto: Compresor de aire monofásico marca Cierzo, con el código 5083017, modelo NK-15, el cual se acondiciona a nuestro requerimiento.

- Presión: 8 bar
- Potencia: 2 HP
- Litros: 15 Lt
- Suministro de aire: 202 l/min
- Peso: 17 kg

A excepción del modelo NK-15, el resto de compresores hasta 100 litros van equipados con ruedas.

NK-15



NK-25



NKV-50



MONOFÁSICOS
Accionamiento Directo

8 bar
230V
50 Hz

Código	Modelo	HP	Kw	Lts	Cil./Et.	l/m	m ³ /h	r.p.m.	LxWxH mm	Kg
5083017	NK-15	2	1,5	15	1/1	202	12,1	2800	500x440x500	17
5083027	NK-25	2	1,5	25	1/1	202	12,1	2800	610x280x560	26
5083057	NK-50	2	1,5	50	1/1	202	12,1	2800	720x340x740	36
5093058	NKV-50	3	2,2	50	2/1	357	21,4	2800	820x360x650	44

Figura 52. Compresor de aire
Fuente: Catálogo, compresoras canarias

3.2.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Se basa en el sistema de lazo abierto, ya que nuestra referencia y de quién dependemos es del tiempo, que está ubicado al inicio del sistema, este tiempo es el que tarda en llenar un saco; los sistemas de lazo abierto además se definen por el tiempo.

De acuerdo a la descripción del funcionamiento del sistema automatizado se puede denotar al sistema como uno de lazo abierto (figura 52), ya que no se envía una señal de realimentación al set point.

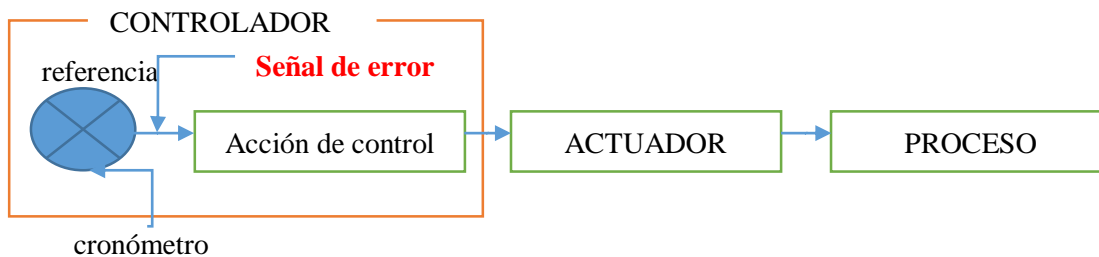


Figura 53. Diagrama de bloques del sistema de control
Fuente: Propia

3.2.4.1 Determinación de las variables

Según el planteamiento del proyecto y el funcionamiento, se dispone de algunas variables que van a ser lo principal del sistema.

- **Variable Controlada o de referencia:** de acuerdo al proceso, nuestra variable a controlar es el tiempo; se quiere controlar como salida un peso de 49kg, pero esta referencia estará controlada por el tiempo de llenado del saco.
- **Variable Manipulada:** es la apertura de un pestillo de cierre a través de un vástago, que estará abierto mientras esté llenando el saco y se cerrará cuando llegue a un punto de referencia.
- **Variable Medida:** La variable de medición es la variable con el cual va a ser medido y comparado el punto de referencia, en este caso es nuestro cronómetro o el medidor de tiempo.
- **Perturbaciones:** Dado que es una variable que representa los factores externos que pueden generar cambios en el proceso, como el ambiente, la presión, humedad, entre otros; el presente proyecto no se rige de algún factor externo.

En la figura 52 se esquematiza todo el funcionamiento de un sistema de lazo abierto, siendo el controlador la pieza principal del sistema, pues es quien supervisa que todo ocurra de la manera adecuada.

La señal de medida (cronómetro) debe estar regulada con la variable de referencia mientras se programe un tiempo, por ejemplo si nuestra señal de referencia es de 5 segundos, nuestro controlador es quien maneja el tiempo y lo regulariza cuando llega a los 5 segundos, cuando el controlador igual al punto de referencia, aparece la “*señal de error*”, esta señal de error pasa a un circuito o proceso llamado acción de control, quien va a mandar distintas señales a los actuadores, que son los que van a realizar una función en el mismo proceso, como un empuje a través de un vástago.

Lo normal es:

$$V_{ref} \neq V_{med}$$

La señal de error aparece cuando:

$$e(t) \rightarrow V_{ref} = V_{med}$$

3.2.4.2 Determinación de controlador a utilizar

Lo primero al determinar qué controlador utilizar, es determinar la lógica de control a utilizar; de acuerdo al sistema lo primordial sería un controlador PID, dado que nos puede asegurar una completa estabilización en las variables, pero, dado que el sistema está libre de perturbaciones que son las que generan algún tipo de error exagerado de las variables, el controlador ideal es el ON – OFF o “Todo o Nada”, debido a la forma en que un controlador acciona o apaga el actuador (en este caso el vástago de la boca de la tolva) cuando la variable a controlar está por encima o por debajo del punto de referencia (Error de salida).

Supóngase que la señal de salida del controlador es $u(t)$ y que la señal de error es $e(t)$. En el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa.

$$\begin{aligned} u(t) &= U_1 \rightarrow \text{para } e(t) > 0 \\ &= U_2 \rightarrow \text{para } e(t) < 0 \end{aligned}$$

Donde U_1 y U_2 son constantes. Por lo general, el valor mínimo de U_2 es cero o $-U_1$.

Lo segundo es determinar con qué dispositivo se ha de controlar el proceso, las entradas y salidas que existen en el proceso, según la tabla n°23, el tipo de dispositivo es un PLC, para poder seleccionar que tipo de PLC, se necesita saber la interfaz del equipo a través de las entradas y salidas del proceso.

A. Entradas

Como entradas al sistema se tienen:

- **Pulsador OFF:** Dispositivo de apagado y prendido que dará marcha al sistema automatizado.
- **Pulsador ON1:** Dispositivo de prendido, es el que dará marcha al sistema de transporte, las dos fajas transportadoras.
- **Pulsador ON2:** Dispositivo de prendido, es el que dará marcha al sistema de llenado y cosido.
- **S1:** Es un sensor de contacto o interruptor de final de carrera, ubicado en la parte superior de la boca de descarga, que es un dispositivo que mandará una señal al controlador para accionar el vástago inferior (V2).
- **S2:** Ubicado en la parte inferior de la boca de descarga de la tolva, es un sensor de proximidad, el cual tiene la función de captar el saco puesto en tolva, mandando la señal al controlador para accionar junto con el S1 al vástago V2.
- **T1:** Es un temporizador, el cual tiene como función mandar la señal al controlador para que este accione el vástago inferior V2 (cerrado) y accionar el vástago del soporte del saco V3.

- **S3:** Es un sensor de contacto o interruptor de final de carrera, ubicado en el soporte del saco, que es un dispositivo que mandará una señal al controlador para accionar el vástago superior (V3).
- **S4:** Es un sensor de nivel, que se encargará de captar la señal cuando el saco esté al nivel del pestillo superior, el cual hará que se cierre el vástago superior.
- **S5:** Ubicado en las barras laterales que apretarán el saco, es un sensor de óptico, el cual tiene como función captar al saco lleno, el cual dará paso a través del controlador al funcionamiento de los vástagos V4 y V5.
- **S5:** Ubicado en la máquina de coser portátil, es un sensor de proximidad, que tiene como finalidad captar el saco, para después el controlador accione el prendido y apagado de la máquina de coser.

B. Salidas

Como entradas al sistema se tienen:

- **V1:** Cilindro de doble efecto, ubicada la parte superior de la boca de descarga de la tolva, el cual se accionará (se cerrará) cuando el saco esté puesto en la boca de descarga y volverá a su posición inicial al recibir la señal de que el saco llegó a los 49 kg.
- **V2:** Cilindro de doble efecto, ubicada la parte inferior de la boca de descarga de la tolva, el cual se accionará cuando el saco esté puesto en la boca de descarga (se abrirá) y volverá a su posición inicial al recibir la señal de que el saco llegó a los 49 kg.
- **V3:** Cilindro de simple efecto, ubicada en la faja horizontal, precisamente es el soporte del saco, el cual se accionará cuando el saco haya llegado a los 49 kg, para dejarlo caer sobre la faja transportadora.
- **V4 y V5:** Son dos cilindros que juntará los extremos del saco para que pueda pasar por la máquina de coser sin una desviación. Se activará cuando el saco esté pasando sobre estos y se desactivará cuando termine de ser cosido.
- **FH:** Motor de la faja horizontal.
- **FD:** Motor de la faja diagonal.
- **MC:** Contactor de la máquina de coser.

C. Dispositivos encargados de procesar el sistema de control

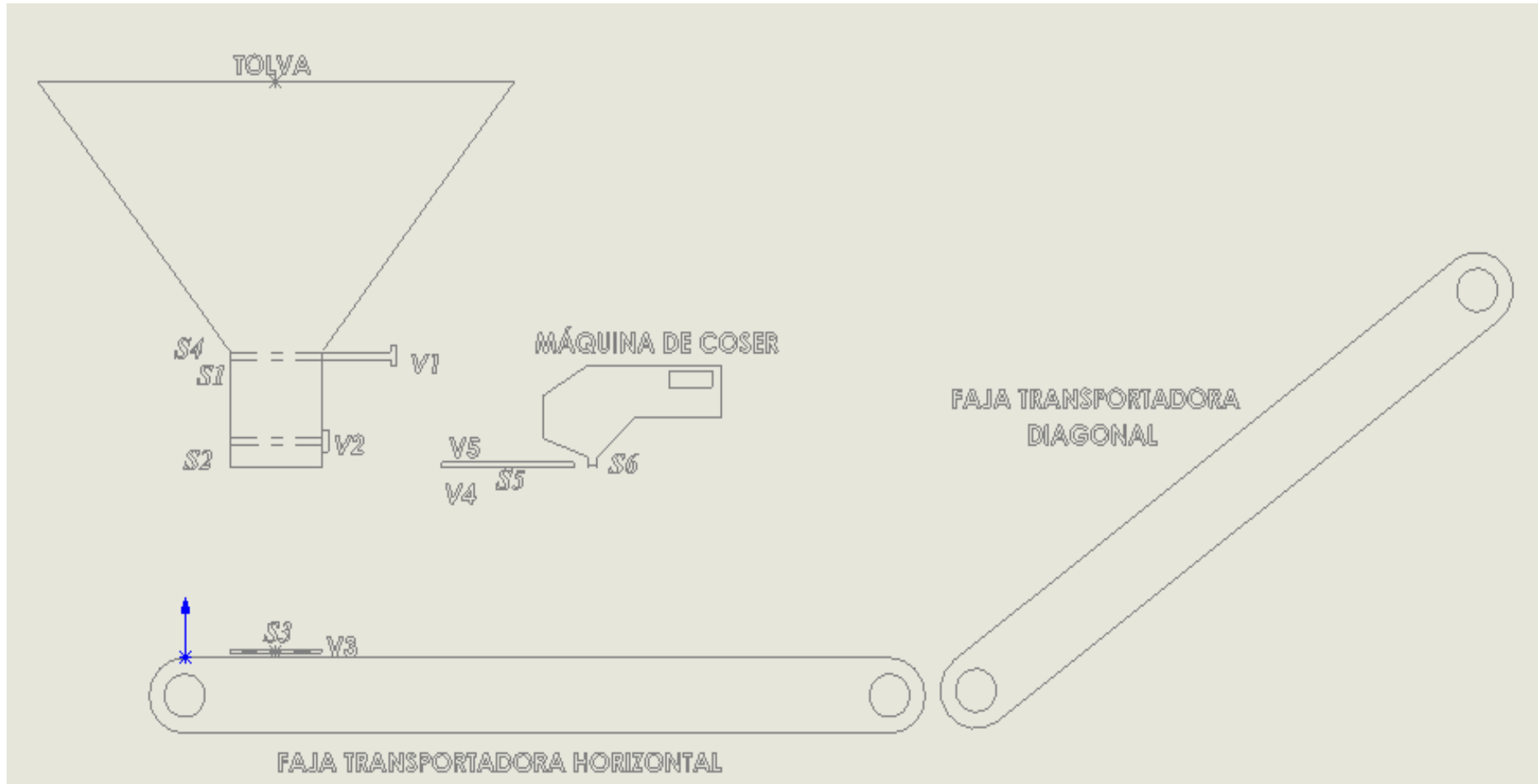
Para esta aplicación industrial es necesario que el sistema de control sea resistente a las condiciones (vibraciones) que se expone en esta área, además debe tener un fácil mantenimiento y por su puesto su programación debe realizarse de manera sencilla. Se desarrolla una matriz de tamizaje para de esta forma poder comparar y escoger cual es la mejor opción, como se puede ver a continuación:

Tabla 26. Matriz de Tamizaje para el Dispositivo de Control

Dispositivo de Control		
Criterios de Selección	μ controlador	PLC
Funcionalidad	+	+
Vida Útil	-	+
Mantenimiento	-	+
Resistente	-	+
Costo	+	-
Positivo	2	4
Igual	0	0
Negativo	3	1
Total	-1	3
Orden	2	1
¿Continuar?	No	Si

Fuente: Propia

Figura 54. Esquema del proceso (entradas y salidas)



Fuente: Solidworks 2016 (Elaboración Propia)

3.2.5 SELECCIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE

La selección del autómata programable o PLC se define por las entradas y salidas, la cual se representa en el siguiente cuadro:

Tabla 27. Determinación de PLC

FUNCIONES	ENTRADAS	SALIDAS	INTERFACES PLC
Apagado del sistema	1 pulsador OFF		1 entrada 24 Vcc.
Encendido del sistema	1 pulsador ON 1 pulsador ON	2 bobinas: FH, FD	2 entrada 24 Vcc 2 salidas 24 Vcc 0,5A
Puesta del saco a llenar	1 sensor de proximidad capacitivo: S2 2 sensores de contacto: S1 y S3 1 sensor de nivel	2 cilindro de doble efecto: V1 y V2 1 cilindro de simple efecto: V3 1 temporizador: T1	4 entrada 24 Vcc 4 salidas
Pre cosido	1 sensor de proximidad: S3	2 cilindros de simple efecto: V4 y V5	1 entrada 2 salidas
Cosido	1 sensor óptico: S4	1 contactor: MC	1 entrada 1 salida 24 Vcc 0,5A

Fuente: propia

3.2.5.1 Configuración del PLC

De la columna “INTERFACES PLC” de la tabla 24 Resulta la configuración del siguiente PLC:

- 9 entradas digitales de 24 Vcc
- 9 salidas digitales de 24 Vcc

Para la selección del PLC se tomarán en cuenta dos criterios:

- Primero, la densidad de entradas y salidas de las interfaces encontradas.
- Y segundo, la elección según los productos más comerciables y utilizados en el mercado.

Como resultado, se tomará un PLC de la serie “SoMachine” de la marca Schneider Electric, y en concreto el PLC “TM241CE40T/U” que dispone de la siguiente periferia integrada.

- Base autómata compacta
- 24 V CC
- 24 entradas digitales
- 16 salidas de transistor de común negativo (0,5A)

- 2 puerto de línea serie
- 1 puerto Ethernet
- Controlador compacto de 24 Vcc con bloques terminales extraíbles.



Figura 55. PLC TM221CE24T
Fuente: Schneider-electric

3.2.6 CIRCUITO DE FUERZA DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

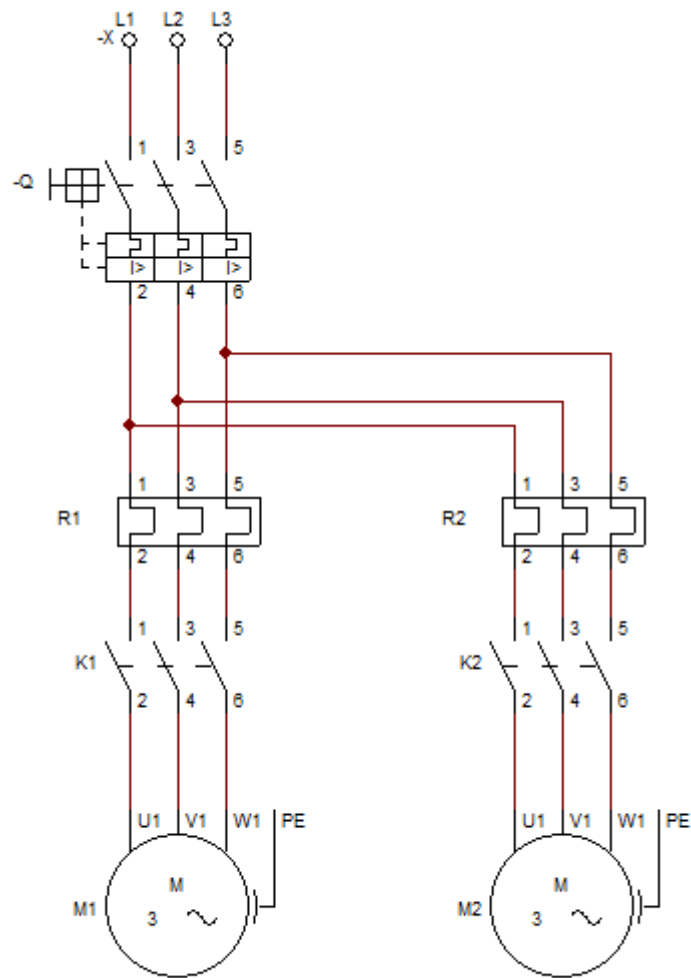


Figura 56. Circuito de fuerza del sistema automatizado
Fuente: Cadesimu (elaboración propia)

Tabla 28. Leyenda del circuito de fuerza

Símbolo	Descripción
Q1	Termomagnética
R1	Relé térmico del motor 1
R2	Relé térmico del motor 2
M1	Motor de faja transportadora horizontal
M2	Motor de faja transportadora diagonal

Fuente: Propia

3.2.7 CIRCUITO NEUMÁTICO: SISTEMA DE ENSACADO

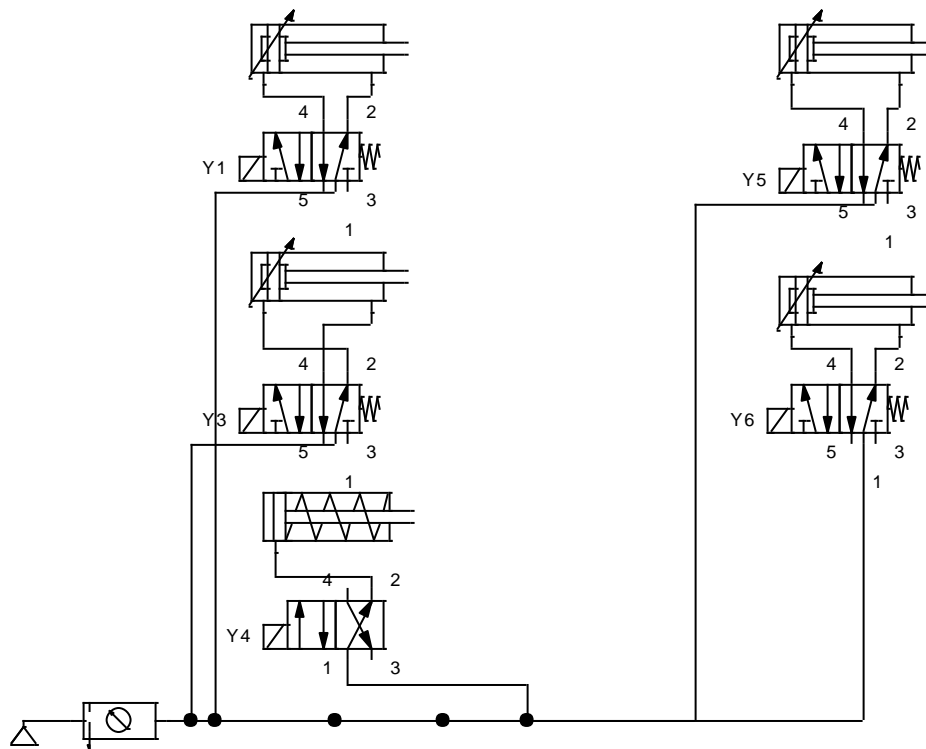


Figura 57. Circuito neumático de la etapa de ensacado
Fuente: Festo Fluid (Elaboración propia)

Tabla 29. Leyenda del circuito neumático

Símbolo	Descripción
Y1	Vástago superior de tolva
Y3	Vástago inferior de tolva
Y4	Vástago soporte del saco
Y5	Vástago ajuste del saco
Y6	Vástago ajuste del saco

Fuente: Propia

3.2.8 CIRCUITO DE MANDO DEL SISTEMA ENSACADO

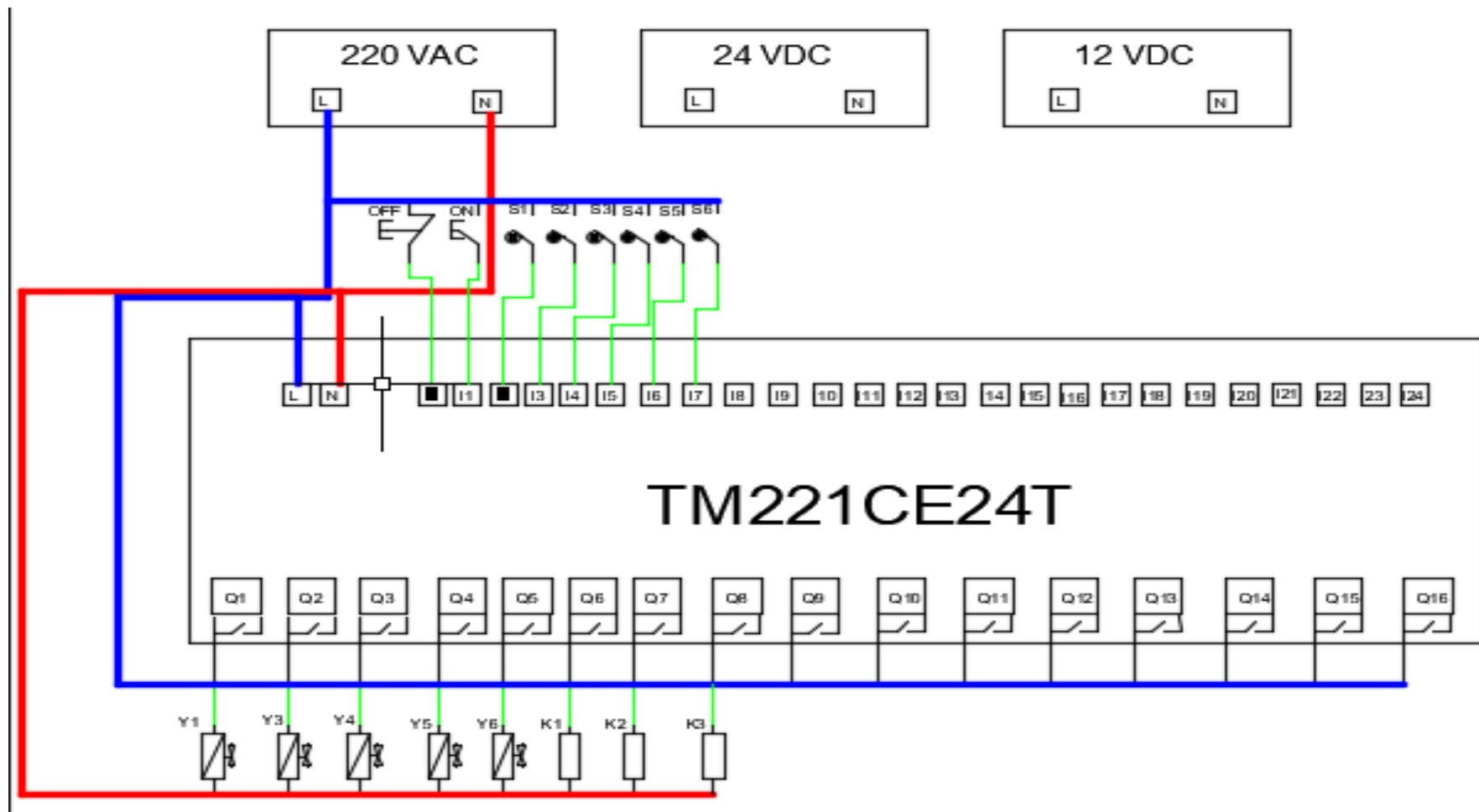


Figura 58. Circuito de mando del sistema de ensacado
Fuente: Festo Fluid (Elaboración propia)

Tabla 30. Leyenda del circuito neumático

Símbolo	Descripción
Y1	Vástago superior de la tolva
Y3	Vástago inferior de la tolva
Y4	Vástago del soporte de saco
Y5	Vástago de ajuste
Y6	Vástago de ajuste
K1	Transportadora horizontal
K2	Transportadora diagonal
K3	Máquina de coser

Fuente: Propia

3.3 SIMULACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

Después de la selección del autómata programable, continúa la simulación del sistema automatizado. Esta simulación se realiza de acuerdo al funcionamiento del sistema, para lo cual se tiene que nombrar nuestros contactos (entradas) y las bobinas a utilizar (salidas), estas interfaces nos facilitarán la elaboración del diagrama de movimientos.

3.3.1 IDENTIFICACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS EN SOMACHINE

A. Entradas

Teniendo como entradas:

Tabla 31. Nombramiento de las entradas

ENTRADA	SÍMBOLO	COMENTARIO
%I0.0	OFF	PULSADOR DE APAGADO DEL SISTEMA
%I0.1	ON	PULSADOR DE ENCENDIDO DE SISTEMA
%I0.2	S1	Sensor de contacto o interruptor final de carrera
%I0.3	S2	Sensor de proximidad
%I0.4	S3	Sensor de contacto o interruptor final de carrera
%I0.5	S4	Sensor de nivel
%I0.6	S5	Sensor de proximidad
%I0.7	S6	Sensor de proximidad

Fuente: Propia

B. Salidas

Teniendo como salidas:

Tabla 32. Nombramiento de las salidas

SALIDA	SÍMBOLO	COMENTARIO
%Q0.0	Y1	Vástago superior de la tolva
%Q0.1	Y3	Vástago inferior de la tolva
%Q0.2	Y4	Vástago del soporte de saco
%Q0.3	Y5	Vástago de ajuste
%Q0.4	Y6	Vástago de ajuste
%Q0.5	K1	Faja transportadora horizontal
%Q0.6	K2	Faja transportadora diagonal
%Q0.7	K3	Máquina de coser

Fuente: Propia

Identificadas las entradas y salidas se procede a detallar el funcionamiento que será simulado con los símbolos a utilizar en el PLC. Para ello se realiza un diagrama de movimientos, el cual nos facilitará el desarrollo en el software SoMachine.

C. Diagrama de movimientos

								S6						
MÁQUINA DE COSIDO							S5	4 SEG						
AJUSTE DEL SACO Y5 - Y6														
VÁSTAGO DEL SOPORTE Y4		S4	S1					S4	S1					
VÁSTAGO INFERIOR Y3		S2	4 SEG			S3		S2	4 SEG			S3		
VÁSTAGO SUPERIOR Y1	ON						2 SEG							
SSITEMA DE TRANSPORTE														
Apagado general (OFF)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 = 1	

Figura 59. Diagrama de movimientos del sistema automatizado

Fuente: Excel (propio)

3.3.2 SIMULACIÓN EN SOMACHINE

Se desarrolla la simulación detallando paso a paso el desarrollo del funcionamiento del sistema automatizado, desde la apertura del programa hasta la simulación del mismo.

A. Entrada al programa SoMachine

Lo primero es abrir el programa SoMachine cuando se abre el programa se selecciona de los primeros 4 puntos, “nuevo proyecto”, para después seleccionar proyecto vacío.



Figura 60. Inicio del programa SoMachine

Fuente: SoMachine (propia)

Lo siguiente es nombrar el proyecto, en este caso, “Sistema de ensacado”. Prosiguiendo con el flujo de trabajo, donde se seleccionará qué PLC utilizaremos.

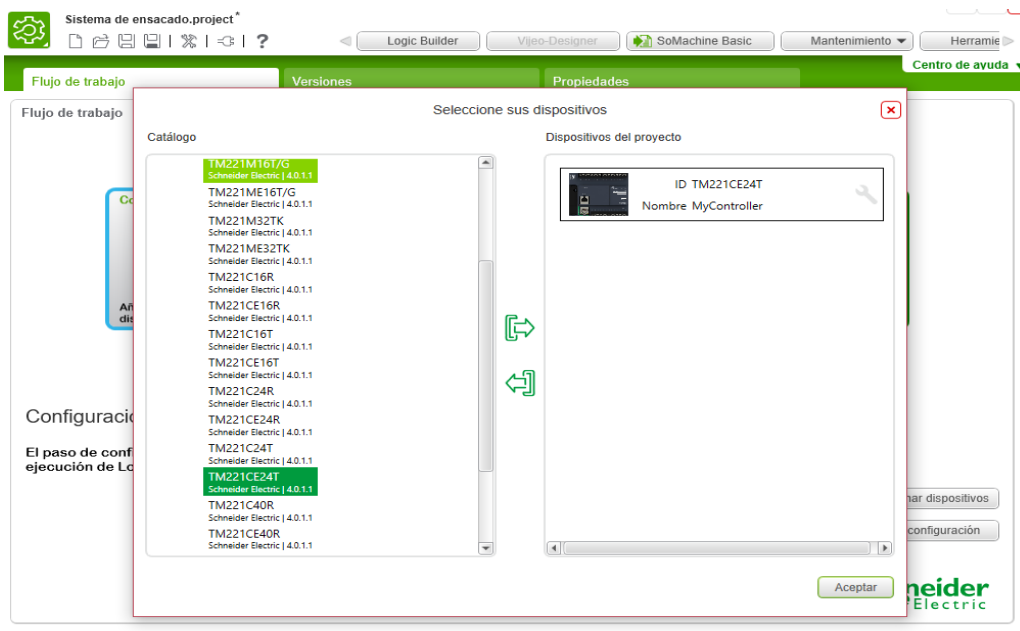


Figura 61. Selección de PLC

Fuente: SoMachine (propia)

Lo siguiente es la programación del PLC, donde irán desarrolladas las entradas y salidas.

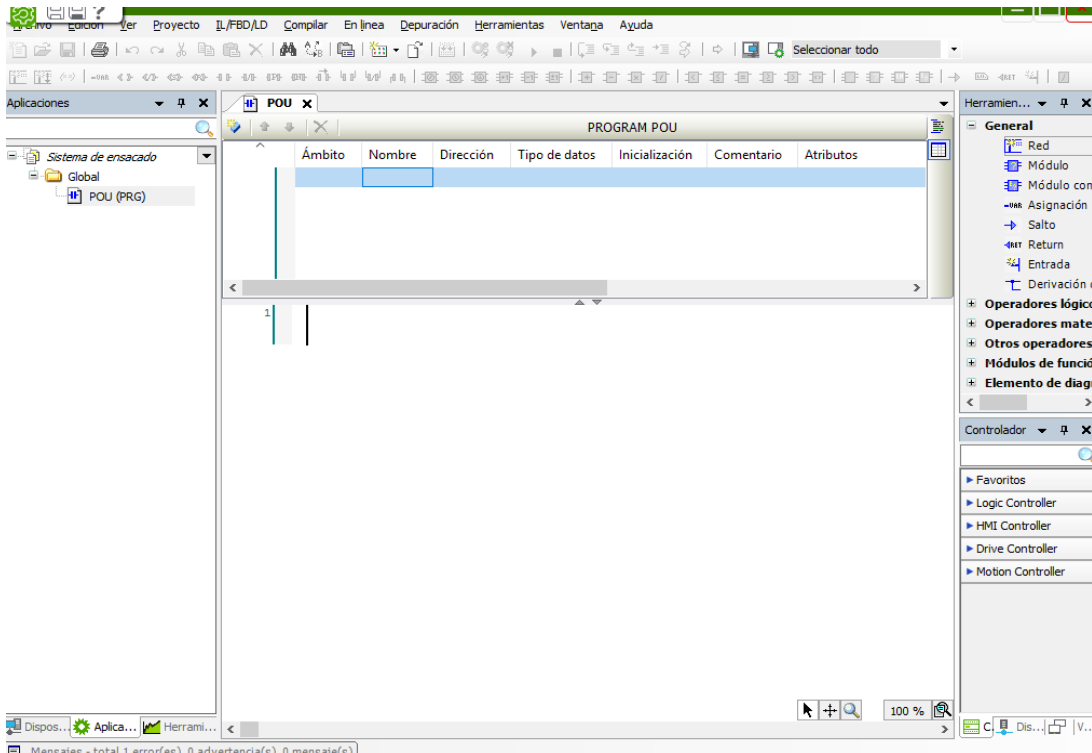


Figura 62. Programación del PLC

Fuente: SoMachine (propia)

Una vez en la ventana de programación se empieza la programación del sistema de ensacado, indicando paso a paso el funcionamiento.

B. Funcionamiento para simular:

Los pasos del funcionamiento son:

- a) El sistema se encuentra totalmente apagado

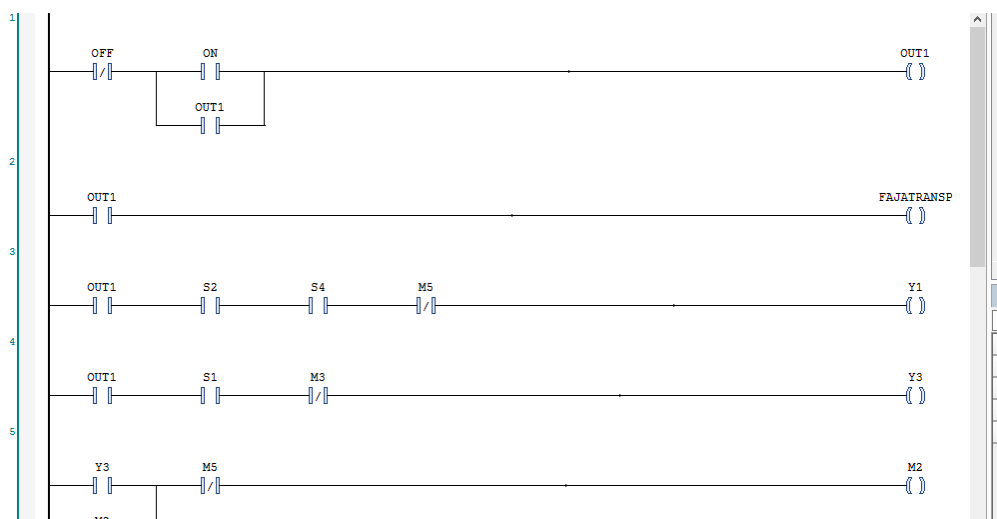


Figura 63. Apagado del sistema en Somachine

Fuente: SoMachine (propia)

- b) **Encendido del sistema de ensacado**, con un pulsador de marcha o verde (ON) se enciende todo el sistema de ensacado (motores de fajas transportadores y el paso de energía por otros mecanismos), esto funciona a través de una memoria (OUT1).

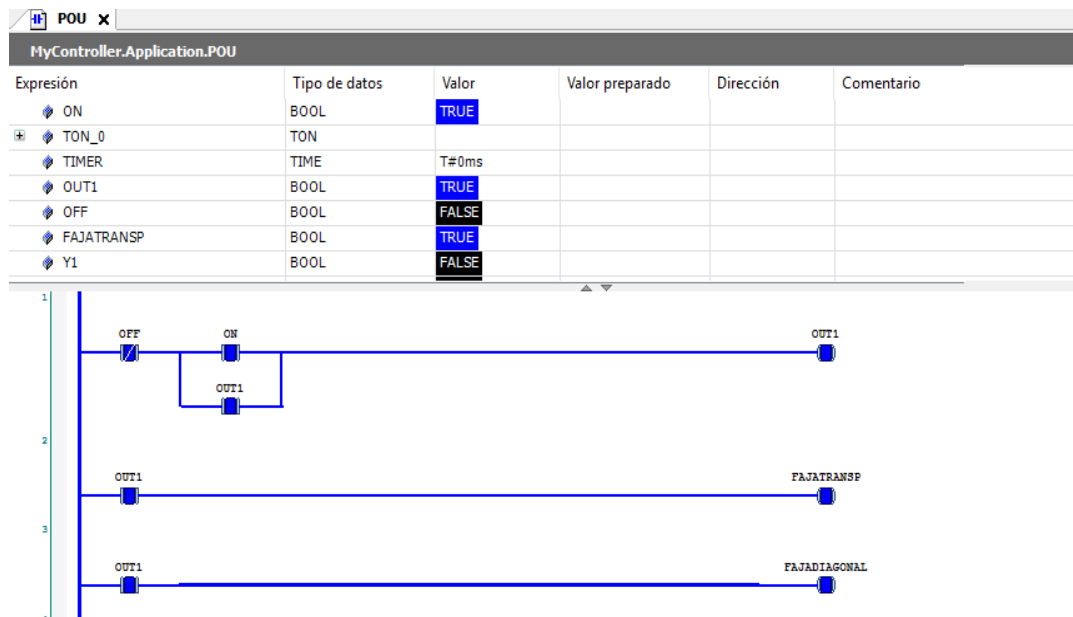


Figura 64. Encendido del sistema
Fuente: SoMachine (propia)

- c) **Cierre de vástago superior (Y1)**, para que el vástago superior se cierre, se necesita accionar dos sensores, el primero es un sensor de nivel (S4) que captará que el arroz haya superado la línea del vástago superior y, segundo un sensor de proximidad (S2) que captará el saco puesto en tolva.

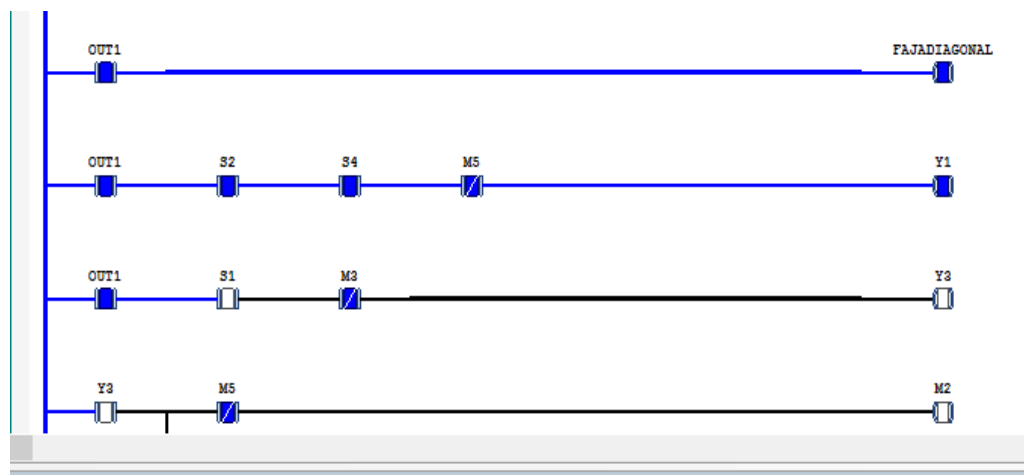


Figura 65. Cierre del vástago superior - SoMachine
Fuente: SoMachine (propia)

- d) **Abertura del vástago inferior (Y3)**, cuando el vástago superior se cierra (Y1), acciona un interruptor final de carrera (S1) el cual dará paso a la apertura del vástago inferior y permita la caída del arroz.

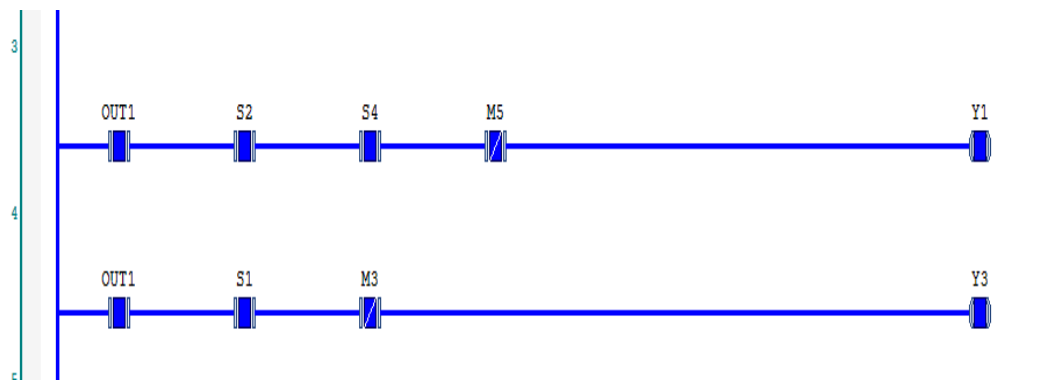


Figura 66. Abertura del vástago inferior – SoMachine
Fuente: SoMachine (propia)

- e) **Inicio de temporizador (TON_0)**, cuando el vástago inferior se abrió (Y3), se accionó una memoria 2 el cual da inicio al accionamiento del temporizador por 4 segundos, que durará la caída de arroz

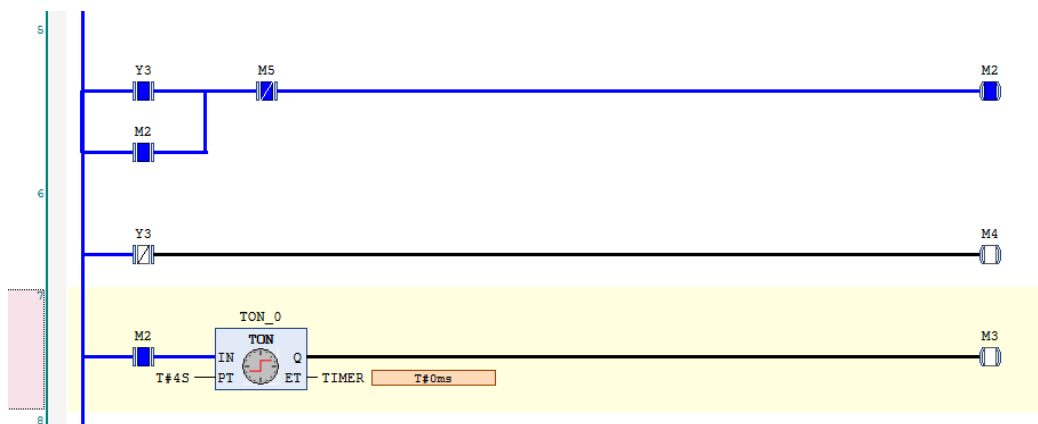


Figura 67. Temporizador de llenado
Fuente: SoMachine (propia)

- f) **Finde temporizador**, cuando se termina el conteo del temporizador, se activa la memoria 3 (M3) el cual cortará el paso de corriente hacia el vástago inferior (Y3), que retornará a su posición inicial (cerrado), mientras que el soporte del saco se accionará (Y4).

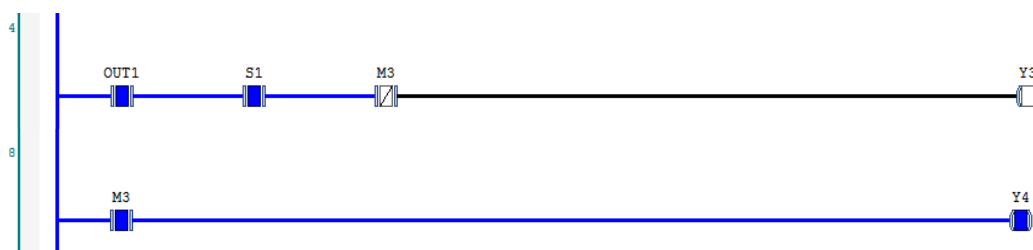


Figura 68. Fin de temporizador
Fuente: SoMachine (propia)

- g) **Reinicio del sistema de llenado**, el soporte del saco se encuentra un interruptor final de carrera (S4) que se accionará cuando el cilindro se active. Este final de carrera accionará una memoria que dará el reset al sistema, iniciando por el vástago superior.

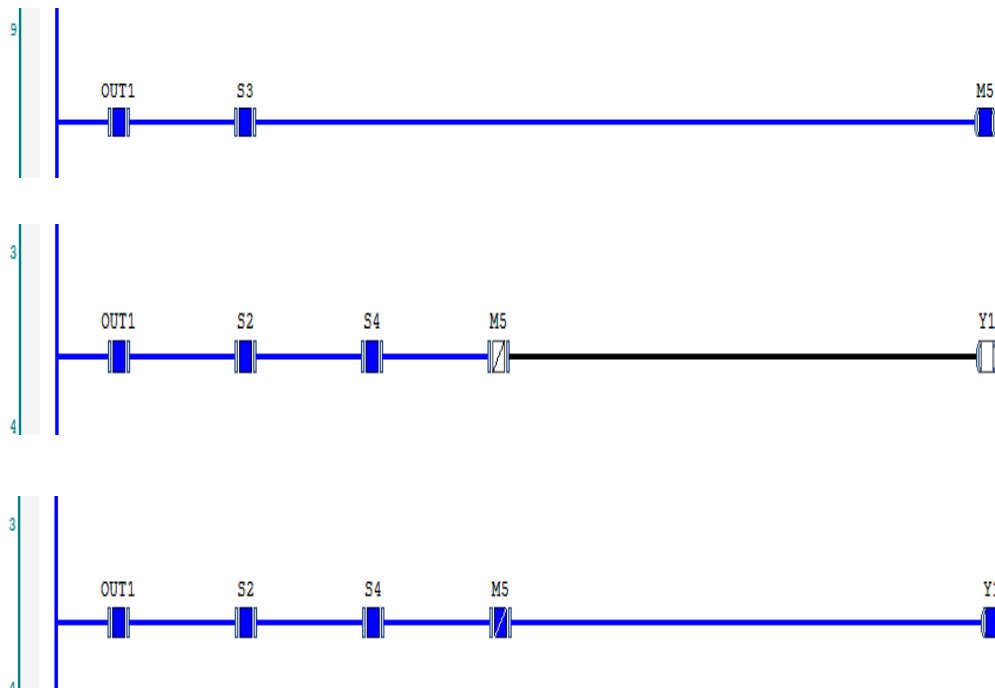


Figura 69. Reinicio del sistema de llenado

Fuente: SoMachine (propia)

- h) **Ajuste del saco**, Un sensor de proximidad (S5) capta el saco aún no cosido, este sensor accionará dos vástagos (Y5 y Y6), los cuales juntarán los extremos del saco para que se realice un cosido parejo.

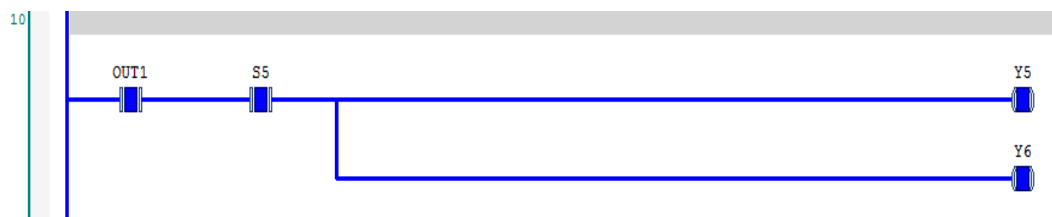


Figura 70. Ajuste del saco

Fuente: SoMachine (propia)

- i) **Cosido del saco**, un sensor de proximidad (S6) capta el saco aún no cosido, este sensor accionará la máquina de coser (COSEDORA).



Figura 71. Sistema de cosido

Fuente: SoMachine (propia)

C. Leyenda utilizada en el programa SoMachine

Las denominaciones para los distintos dispositivos utilizados son:

	Ámbito	Nombre	Dirección	Tipo de datos	Inicialización	Comentario
1	VAR	ON		BOOL		PULSADO DE PRENDIDO
2	VAR	TON_0		TON		TEMPORIZADOR
3	VAR	TIMER		TIME		TIEMPO DE TEMPORIZADOR
4	VAR	OUT1		BOOL		MEMORIA GENERAL DE PRENDIDO
5	VAR	OFF		BOOL		APAGADO GENERAL
6	VAR	FAJATRANSP		BOOL		FAJAS HORIZONTAL Y DIAGONAL
7	VAR	Y1		BOOL		ACCIONAMIENTO ELECTRICO PARA CERRADO DE VÁSTAGO SUPERIOR
8	VAR	S2		BOOL		SENSOR DE PROXIMIDAD
9	VAR	S1		BOOL		INTERRUPTOR FIANL DE CARRERA DE Y1
10	VAR	Y3		BOOL		ACCIONAMIENTO ELECTRONICO DE V2 PARA ABRIR
11	VAR	Y4		BOOL		ACCIONAMIENTO DE CILINDRO DE SOPORTE
12	VAR	Y5		BOOL		ACCIONAMIENTO DEL CILINDRE DE AJUSTE
13	VAR	M2		BOOL		MEMORIA PARA ENCENDIDO DE TEMPORIZADOR
14	VAR	M3		BOOL		ACCIONAMIENTO DEL TEMPORIZADOR
15	VAR	S4		BOOL		SENSOR DE NIVEL
16	VAR	M5		BOOL		MEMORIA DE RESET
17	VAR	S3		BOOL		INTERRUPTOR FINAL DE CARRERA DE SOPORTE
18	VAR	S5		BOOL		SENSOR DE PROXIMIDAD DE AJUSTES DEL SACO
19	VAR	Y6		BOOL		ACCIONAMIENTO DE AJUSTE DEL SACO
20	VAR	S6		BOOL		SENSOR DE PROXIMIDAD DE MÁQUINA DE COSER
21	VAR	COSEDORA		BOOL		MÁQUINA DE COSER

Figura 72. Leyenda utilizada en el programa SoMachine

Fuente: SoMachine (propia)

3.4 RESULTADOS DE PROPUESTA: INDICADORES TRAS LA MEJORA

La mejora del proyecto consiste en reducir los tiempos de la etapa de ensacado, entre ellos el tiempo de llenado y el tiempo de cosido. Estos tiempos generaban un cuello de botella debido a que el 100% del trabajo era en forma manual, este proceso reduce ese porcentaje y lo automatiza. El proceso consiste en automatizar la etapa de ensacado, ya sea el sistema de llenado como la de cosido.

3.4.1 CAUSAS DE BAJA PRODUCTIVIDAD

Realizado el proyecto de automatización, el valor porcentual o numérico de las causas se verán mejoradas y modificadas, esto se explica detalle a detalle en los siguientes puntos:

A. Mano de obra

El principal problema en este punto eran los ausentismos del personal por lesiones lumbares debido al mal movimiento de carga o sobrepasar la carga por hombre, al implementar el sistema automatizado se mejora las condiciones laborales, eliminando las malas posturas y adicionando una ayuda mecánica al momento de cargar.

Al no haber permisos por esta causa, el mismo operario seguirá en la etapa de llenado por lo que no existirá una variación de producción.

B. Maquinaria

Ya no se utiliza una balanza para el control del peso, todo se realiza con el tiempo, a través de un temporizador.

Tabla 33. Diagrama Hombre – Máquina mejorado

Hombre 1	Tiempo (seg)	Balanza electrónica
Colocar saco	1''	No se maquina
Llenar el saco	4''	No se maquina
Llenar tolva	4''	No se maquina
Cosido de saco	4''	No se maquina

Fuente MOLISAM I EIRL (2016): elaboración propia

En este diagrama se analiza el tiempo activo de la maquinaria en este caso son las fajas transportadoras.

$$\%utilización\ de\ maquinaria = \frac{0\ seg}{13\ segu} = 0\ %$$

C. Material utilizable

El control de peso manual se elimina tras la mejora ya que el peso está establecido en la tolva.

D. Método

El principal problema fue el control de peso, al tener el peso almacenado en la boca de la tolva, esta mejora nos elimina el calibrado del peso. Con una modificación en la tolva (anchura), el proceso de llenado mejora su tiempo en 1 segundo, esto se explica en los siguientes puntos.

3.4.2 PRODUCCIÓN

Estandarizando todos los tiempos de ensacado y clasificando en operaciones, de acuerdo al diagrama de Gantt (fig. 38) se tienen los siguientes tiempos de operación.

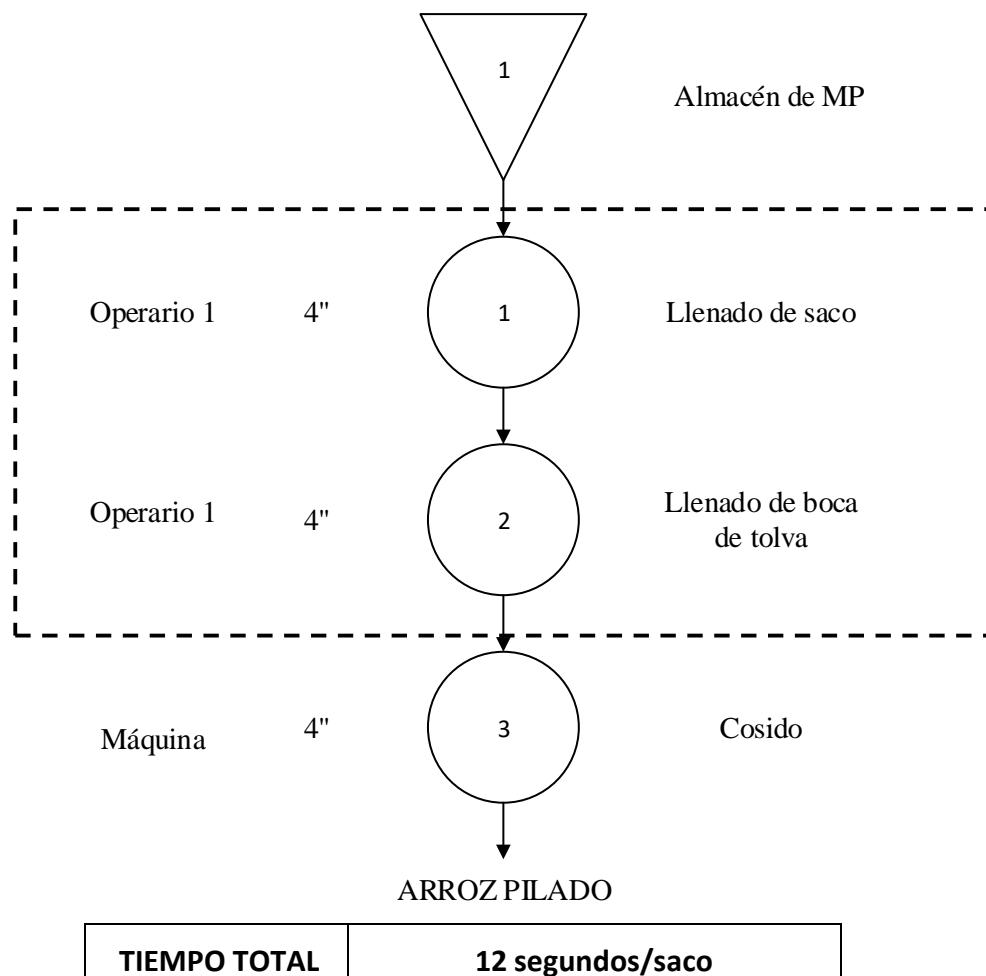


Figura 73. Diagrama de Análisis de Proceso (etapa de ensacado)

Fuente: Molisam I E.I.R.L (propia)

En la figura 72 se muestra un diagrama de operaciones de la etapa de ensacado, siendo el tiempo de 8" de ciclo de 8", ya que mientras se llena un saco el cosido trabaja al mismo tiempo que el operario, habiendo reducido el cuello de botella del diagnóstico actual de la empresa que era de 15,32 segundos

$$Producción = \frac{\text{tiempo base}}{\text{ciclo}}$$

$$\text{Producción} = \frac{60 \text{ seg/min}}{8 \text{ seg/und}}$$

$$\text{Producción de mejora} = 7,5 \frac{\text{und}}{\text{min}}$$

$$\text{Producción de mejora} = 450 \frac{\text{und}}{\text{hora}}$$

$$\text{Producción de mejora} = 3\ 150 \frac{\text{und}}{\text{día}}$$

3.4.3 PRODUCTIVIDAD

La productividad mejorada se obtendrá en base a la producción de mejora.

3.4.3.1 Productividad de Mano de obra

$$\text{Productividad MO} = \frac{3\ 150 \text{ sacos/día}}{2 \text{ operarios}} = 1\ 575 \frac{\text{sacos}}{\text{operario x día}}$$

$$\text{Productividad MO} = 77\ 175 \text{ kg/operario.día}$$

La productividad respecto a la mano de obra, tomando como referencia el cuello de botella en la etapa de ensacado, muestra la relación entre la producción diaria 3 150 sacos/día de arroz pilado y el total de operarios en esa etapa, dando como resultado 1 575 sacos/operario x día.

$$\Delta p = \frac{\text{Productividad de mejora} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad actual}}$$

$$\Delta p = \frac{1\ 575 - 822}{822}$$

$$\Delta p = 91,61\%$$

Tabla 34. Cuadro comparativo de indicadores tras mejora

Causas	FÓRMULA	Indicador actual	Indicador de mejora	Explicaciones
C1: Ausentismo	Promedio de permisos por dolores lumbares	0,91 $\frac{\text{permisos}}{\text{mes}}$	0 $\frac{\text{permisos}}{\text{mes}}$	Se mejora el área de trabajo para los operarios, contando con una ayuda mecánica (fajas).
	$\frac{\text{Variación de producción} = \frac{P.Op\ principal - P.Op\ reemplazo}{P.Op\ principal}}$	25,98%	0%	Al no haber ausencias de personal, el operario principal sigue operando.
C2: Falta de control de peso	$\% \text{ Utilización de capacidad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad diseñada}}$	72,57%	100%	Proyectándonos a que el trabajo es el idóneo, se tiene como porcentaje de utilización, el 100% de la capacidad.
	$\text{Productividad MO} = \frac{\text{Producción}}{\text{operarios}}$	822 $\frac{\text{sacos}}{\text{operario} \times \text{día}}$	1 575 $\frac{\text{sacos}}{\text{operario} \times \text{día}}$	Al optimizar y estandarizar tiempos se puede producir más en el mismo tiempo
	$\begin{aligned} \text{Tiempo improductivo diario} \\ = \sum (T \text{ por saco} \\ - T \text{ promedio}) \end{aligned}$	253 segundos	0 segundos	El tiempo de calibrado de peso se eliminó.
C3: Energía perdida por maquinaria	$\% \text{ de utilización de balanza} = \frac{\text{Horas utilización}}{\text{Horas total}}$	71,43%	-	El porcentaje de utilización de la balanza se vuelve nula.
	$\% \text{ de utilización de fajas transportadora} = \frac{\text{Horas utilización}}{\text{Horas total}}$		100%	Se utilizará en toda la etapa de ensacado.
C4: Pérdida de material	Sacos desperdiciados anualmente	28,37 sacos/año	-	Al no haber un control manual al momento de calibrar el peso, no se caerá arroz, esto es un aumento en los ingresos netos anuales.

Fuente: Excel (elaboración propia)

3.5 ANALISIS ECONÓMICO

Para realizar un análisis económico se trabajará directamente con la utilidad obtenida de la producción debido a que el costo de materia prima y el precio de venta son directamente proporcionales.

$$\text{Costo de materia prima} \propto \text{Precio de venta del saco}$$

$$\text{Costo de materia prima} - \text{Precio de venta del saco} = S/ 14,7$$

3.5.1 INVERSIONES

Respecto a las inversiones, éstas se realizan en cuanto a maquinaria y dispositivos de esta, analizándose sistema por sistema.

3.5.1.1 Maquinaria del proyecto

A. Sistema de transporte

Tabla 35. Costos de material para fabricación de faja horizontal

DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO (S/)	SUBTOTAL
Banda transportadora 4 445 x 450 x 4,5 mm	1	S/ 406,52	S/ 479,70
Motor trifásico 7,5HP	1	S/ 909,54	S/ 909,54
Chumacera comercial UCT 205 SKF	1	S/ 35,00	S/ 35,00
Chumacera de pared UCF 205 SKF	1	S/ 65,00	S/ 65,00
Tambor motriz	1	S/ 80,00	S/ 80,00
Tambor de retorno	1	S/ 65,00	S/ 65,00
Placa guía 1850x460x3 mm acero inox	1	S/ 164,00	S/ 164,00
Tensor con ranura amplia	2	S/ 24,00	S/ 48,00
Rodamiento 6205 FAG	4	S/ 13,56	S/ 54,24
Relé térmico LR9F5357	1	S/ 790,00	S/ 790,00
Estructura de la faja	1	S/ 63,56	S/ 75,00
Perno Allen M6 X 20	8	S/ 0,40	S/ 3,20
Perno Allen M8 X 20	4	S/ 0,50	S/ 2,00
Perno Allen M6 X 60	2	S/ 0,80	S/ 1,60
Perno Allen M8 X 35	4	S/ 1,00	S/ 4,00
Perno Allen M10 X 30	8	S/ 1,20	S/ 9,60
Retén Akuro 25x50x10	2	S/ 12,00	S/ 24,00
TOTAL			S/ 2 809,88

Fuente: Excel (elaboración propia)

Tabla 36. Costos de material para fabricación de faja diagonal

DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO (S/)	SUBTOTAL
Banda transportadora 4 128 x 450 x 5,6 mm	1	S/ 380,18	S/ 448,61
Motor trifásico 7,5 HP	1	S/ 909,54	S/ 909,54
Chumacera comercial UCT 205 SKF	1	S/ 35,00	S/ 35,00
Chumacera de pared UCF 205 SKF	1	S/ 65,00	S/ 65,00
Tambor motriz	1	S/ 80,00	S/ 80,00
Tambir de retorno	1	S/ 65,00	S/ 65,00
Placa guía 1850x460x3 mm acero inox	1	S/ 164,00	S/ 164,00
Tensor con ranura amplia	2	S/ 24,00	S/ 48,00
Rodamiento 6205 FAG	4	S/ 13,56	S/ 54,24
Relé térmico LR9F5357	1	S/ 790,00	S/ 790,00
Estructura de la faja	1	S/ 269,00	S/ 317,42
Longarina	2	S/ 42,00	S/ 49,56
Perno Allen M6 X 20	16	S/ 0,40	S/ 6,40
Perno Allen M8 X 20	4	S/ 0,50	S/ 2,00
Perno Allen M6 X 60	2	S/ 0,80	S/ 1,60
Perno Allen M8 X 35	4	S/ 1,00	S/ 4,00
Perno Allen M10 X 30	16	S/ 1,20	S/ 19,20
Retén Akuro 25x50x10	2	S/ 12,00	S/ 24,00
TOTAL			S/ 3 083,57

Fuente: Excel (elaboración propia)

B. Sistema de llenado

Los costos correspondientes a la estructura de la tolva en sí, son bajos debido a que solo se implementará algunos tubos cuadrados a la estructura actual con la que trabaja la empresa.

Tabla 37. Costos de adición a la estructura actual de la tolva

DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO (S/)	SUBTOTAL
Estructura soporte faja horizontal	1	S/ 189,00	S/ 223,02
TOTAL			S/ 223,02

Fuente: Excel (elaboración propia)

3.5.1.2 Costos del diseño de control

Tabla 38. Costos de dispositivos de control

DESCRIPCIÓN	CANT.	COSTO (S/)	SUBTOTAL
PLC TM221CE24T	1	S/ 918,92	S/ 918,92
TEMPORIZADOR 220V	1	S/ 55,00	S/ 55,00
Contactores	5	S/ 295,74	S/ 1 478,70
Microswitch, final de carrera	2	S/ 55,00	S/ 110,00
Sensor de proximidad	3	S/ 23,00	S/ 69,00
Sensor de nivel level switch	1	S/ 35,00	S/ 35,00
Cilindro AEN simple efecto	2	S/ 60,00	S/ 120,00
Cilindro AEN simple efecto	1	S/ 176,00	S/ 176,00
Cilindro doble efecto DSBG	2	S/ 117,00	S/ 234,00
Cable 16 AWG	100	S/ 0,70	S/ 70,00
TOTAL			S/ 3 266,62

Fuente: Excel (elaboración propia)

La inversión total del proyecto abarca la infraestructura industrial, maquinaria. Todos los datos presentados fueron tomados de los cuadros anteriores con su debida especificación. En lo que respecta a infraestructura industrial y los equipos serán financiados por el promotor con un 17%, mientras que el 83% será financiado por el banco con un interés del 18%.

3.5.2 PRESUPUESTO DE COSTOS

Los costos generales que generará toda la etapa de

Tabla 39. Costos de energía

MÁQUINA	POTENCIA (Kw/h)	PRECIO	TOTAL (h)	Nº horas de trabajo	TOTAL (d)
Motor trifásico 7,5 HP	5,5	S/ 0,40	S/ 2,20	7	S/ 15,40
Motor trifásico 7,5 HP	5,5	S/ 0,40	S/ 2,20	7	S/ 15,40
Compresora de aire	1,5	S/ 0,40	S/ 0,60	7	S/ 4,20
TOTAL (MES)					S/ 910,00

Fuente: Excel

Al sistema automatizado se tendrá previsto el realizar mantenimiento preventivo semanal, tal como se corresponda en un plan de mantenimiento, del mismo modo se realizará los mantenimientos rutinarios como son la limpieza, lubricación. Este sistema está sometida a una depreciación constante.

Tabla 40. Costos de mantenimiento y depreciación

Descripción	Precio de adquisición	Precio de venta	Año	Mes
Mantenimiento rutinario				S/ 84,00
Mantenimiento preventivo				S/ 240,00
Depreciaciones de instalaciones	S/ 9 383,09	S/ 5 000,00	S/ 876,62	S/ 73,05

El costo hora hombre se mantendrá, ya que el operario seguirá realizando su misma función con mejores condiciones laborales.

Tabla 41. Costos hora hombre

N° DE OPERARIO	COSTO HORA	HORAS DÍA	SUBTOTAL
2	S/ 5,00	9	S/ 90,00
Total (mes)			S/ 2 340,00

Fuente: Excel (elaboración propia)

Los costos de materiales a utilizar para iniciar y elaborar el proyecto.

Tabla 42. Costos extras de proyecto

Descripción	SUBTOTAL (S/)
Pasajes	S/ 435,00
Internet	S/ 60,00
Impresiones	S/ 350,00
Comunicación	S/ 80,00
TOTAL	S/ 925,00

Fuente: Excel (elaboración propia)

3.5.3 PRESUPUESTO DE INGRESOS

El ingreso directo del proyecto es el incremento de las ventas y por ende ingresa más utilidades a la empresa. La utilidad neta por saco de arroz 14,7 soles, es multiplicado por los 1 506 sacos que se producen diariamente (producción anterior 1 644 sacos al día, producción implementado el sistema automatizado 3 150 sacos al día)

Tabla 43. Ingresos de la producción mejorar por mes

Descripción	Unidad	Cantidad	Utilidad	Subtotal
Incremento de ventas	Sacos	1 644		
Incremento de margen de utilidad	Sacos	1 644	S/ 14,7	S/. 24 166,8
Total (mes)				S/. 628 336,8

Fuente: Excel (elaboración propia)

En el proceso actual se perdía 4 gr. por saco, lo que tenía un resultado anual de 28 sacos, generando un ingreso neto de 3 640 soles, esta cantidad en la mejora del proceso ingresan como una utilidad neta.

3.5.4 RESULTADOS ECONÓMICOS

Tabla 44. Estado de ganancias y pérdidas

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS					
Descripción	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
INGRESOS					
Ingreso neto por recuperación		S/ 3 640,00	S/ 3 640,00	S/ 3 640,00	S/ 3 640,00
Ahorro de personal					
Aumento de producción	S/ -	S/ 628 336,80	S/ 628 336,80	S/ 628 336,80	S/ 628 336,80
Utilización de material perdido					
TOTAL	S/ -	S/ 631 976,80	S/ 631 976,80	S/ 631 976,80	S/ 631 976,80
EGRESOS					
Inversión	S/ 20 000,00				
Energía (Kw/mes)		S/ 910,00	S/ 910,00	S/ 910,00	S/ 910,00
Mtto. rutinario		S/ 84,00	S/ 84,00	S/ 84,00	S/ 84,00
Mtto. preventivo		S/ 240,00	S/ 240,00	S/ 240,00	S/ 240,00
Depreciación		S/ 73,05	S/ 73,05	S/ 73,05	S/ 73,05
TOTAL	S/ 20 000,00	S/ 1 307,05	S/ 1 307,05	S/ 1 307,05	S/ 1 307,05
UTILIDAD NETA	S/ -20 000,00	S/ 630 669,75	S/ 630 669,75	S/ 630 669,75	S/ 630 669,75

Fuente: Excel (elaboración propia)

Para un mejor entendimiento, se realiza un flujo de caja con los ingresos y egresos de la tabla 43, donde también se realiza una caja acumulada para visualizar en qué mes se recupera la inversión realizada.

Tabla 45. Flujo de caja de ingresos y egresos

FLUJO DE CAJA (INGRESOS Y EGRESOS)					
Descripción	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
INGRESOS	S/ -	S/ 631 976,80	S/ 631 976,80	S/ 631 976,80	S/ 631 976,80
EGRESOS	S/ 20 000,00	S/ 1 307,05	S/ 1 307,05	S/ 1 307,05	S/ 1 307,05
FLUJO DE CAJA	S/ -20 000,00	S/ 630 669,75	S/ 630 669,75	S/ 630 669,75	S/ 630 669,75
ACUMULADO	S/ -20 000,00	S/ 610 669,75	S/ 1 241 339,50	S/ 1 872 009,25	S/ 2 502 679,00

Fuente: Excel (elaboración propia)

Tabla 46. Indicadores de rentabilidad

INDICADORES DE RENTABILIDAD	
VAN	S/ 1 979 138,25
TIR	314%
B/C	S/ 9,81
Periodo de recuperación	1 mes

Fuente: Excel (elaboración propia)

Por último, en el flujo de caja se presenta la producción y ventas esperadas de la empresa bajo condiciones de la propuesta de mejora. Y como resultado se tiene que por cada sol invertido se obtiene 9,81 soles. Además, se tiene una tasa interna de retorno de 314% siendo una tasa de rentabilidad muy alta, demostrando que el proyecto genera más del 100% en utilidad neta esto hace que sea rentable la propuesta de mejora. Y el Valor Neto Actual es de S/. 1 979 138,25 monto que representa las utilidades de los cinco meses proyectados en el mes cero, es decir en un valor actual; cabe resaltar, que es necesario conocer el tiempo de recuperación de la inversión de la propuesta de mejora, siendo este en el primer mes.

IV. CONCLUSIONES

- A partir del diagnóstico de la situación actual de la empresa, se determinó que existe un problema en el proceso de producción, precisamente en la etapa de ensacado, que no permite generar la productividad necesaria, debido al ser la única etapa operada manualmente, etapa donde se visualizan posturas disergonómicas que incurren a ausencias del personal por motivos de salud. Es así que se identificó que, debido a la etapa de pilado la empresa no puede cumplir en una jornada laboral con los pedidos de la distribuidora, teniendo que incurrir a horas extras o doble jornada laboral, dejando ver la oportunidad de mejorar esta etapa del proceso y aumentar así la productividad.
- Se diseñó una máquina compuesta por dos sistemas, sistema de transporte y sistema de llenado que trabajan en conjunto por medio de un sistema automatizado (PLC). Esta máquina se ajustó a los requerimientos y las necesidades de la empresa con el fin de mejorar la producción, reduciendo tiempos eliminando tiempos ociosos, con la implementación se reduce el tiempo ocioso en 47,78%. Además, debido a esta reducción de tiempos y la eliminación de tiempos ociosos se incrementa la productividad relativo a la mano de obra en un 91,61% demostrando que la investigación es factible.
- Se concluye que el beneficio en los primeros 5 meses sería de 1 799 138,25 soles con la propuesta de mejora con una relación beneficio costo de 9,81 soles, además una tasa interna de retorno (TIR) de 314% lo cual es superior porque nuestra inversión no es relativamente alta, debido a que la empresa cuenta en su mayoría tanto con material a utilizar como recurso humano que puede implementar el diseño.

V. RECOMENDACIONES

- En la presente investigación y diseño de la propuesta que ha logrado incrementar la productividad con respecto a mano de obra y así también eliminar el reproceso de una etapa manual. Sin embargo, por el mismo de ser una máquina, a través del tiempo se va despreciando en lo económico como en lo material, es por eso que se recomienda un mantenimiento rutinario semanal, debido al desgaste de vástagos. Así cómo también se hace necesario un plan de revisión trimestral al software del sistema automatizado y se recomienda implementar una lógica de automatización de Scada finalizando el año de utilización, para verificar totalmente el sistema sin necesidad de un operario en planta.
- Si bien la caída del arroz está determinada por el volumen de la tolva, se recomienda determinar el flujo volumétrico de la caída del arroz para variar el sistema de control a utilizar, del sistema ON - OFF a un sistema PID, para el control completo de todo el proceso.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Barbado, José, Jesús Sierra y Jesús, Aparicio. *Automatismos Industriales*. 2013. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Bevova, Swetlana. Automated Bagging System. *World Class Competitiveness and Sustainability in the Global Market for Manufacturing Organisations in Africa*, 2015: 93-101.
- Bolton, Bill. *Ingeniería de Control*. Ariel Ciencia, 2002.
- Chauvel, Tawfik. *Administración de la Producción*. México: Mc Graw-Hill, 1992.
- Compresoras Josval. *compresorescanarias*. 2017.
http://compresorescanarias.com/wp-content/uploads/2014/09/catalogojosval_2014.pdf (consultado el 28 de Setiembre de 2017).
- Descom . *Universidad Técnica Federico Santa María*. 2009.
<http://descom.jmc.utfsm.cl/fajas transportadoras> (consultado el 28 de setiembre de 2016).
- Hidalgo, Edwin. Repositorio Escuela Politécnica del ejército . Marzo de 2006.
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/4071/T-ESPEL-0152.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado el 11 de setiembre de 2017).
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España. Cinta transportadora de materiales a granel. *NTP 89*. 1984.
- Itriago, M. *Sensores de Posición Descripción, Selección y Uso*. Barquisimeto, 2003.
- MAPFRE, Nutrición y Salud. *MAPFRE*. s.f.
<http://www.mapfre.es/salud/es/cinformativo/nutricion-alimentos-arroz.shtml> (consultado el 8 de Abril de 2016).
- McKinsey Company. UN FUTURO QUE FUNCIONA: AUTOMATIZACIÓN, EMPLEO Y PRODUCTIVIDAD. Resumen Ejecutivo de artículo, 2017.
- Meyers, Fred E. Estudio de tiempos y movimientos. En *Estudio de tiempos y movimientos*, de Fred E. Meyers, 136-137. Mexico: Pearson Educación, 2000.
- Ministerio de Agricultura y Riego. INFORME DEL ARROZ. Boletín, Lima, 2017.
- Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleos. NORMA BÁSICA DE ERGONOMÍA Y DE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE RIESGO. Normal Peruana, Lima, 2008.

- Moreno, Luis, Santiago Garrido, y Carlos Balaguer. *Ingeniería de Control, Modelado y control de sistemas dinámicos*. España, 2003.
- Piedrafita Moreno, Ramón. *Ingeniería de la automatización industrial*. México: Alfaomega Grupo Editor, 2004.
- Quezada, Canto. *Autómatas*. México, 2013.
- Sanz, Pablo. SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA Y CREACIÓN DEL MODELO DE ELEMENTOS FINITOS ASOCIADO. PROYECTO FINAL DE CARRERA, Leganés, 2011.
- Zheng, Huiping, Xiaoming Zhao, Lin Chen, y Zhanyang Liu. Design of control system for palletizing bags Flexible packaging production line based on PLC. *Mechanical Engineering and Control Systems*, 2015: 206-209.

ANEXOS


7.1 ANEXO 1: FACTORES DE RIESGO DISERGONÓMICO SEGÚN MTPE

Factores de riesgo disergonómico	
Posturas incomodas o forzadas	<p>Las manos por encima de la cabeza (*)</p> <p>Codos por encima del hombro (*)</p> <p>Espalda inclinada hacia adelante más de 30 grados (*)</p> <p>Espalda en extensión más de 30 grados (*)</p> <p>Cuello doblado / girado más de 30 grados (*)</p> <p>Estando sentado, espalda inclinada hacia adelante más de 30 grados (*)</p> <p>Estando sentado, espalda girada o lateralizada más de 30 grados (*)</p> <p>De cuclillas (*)</p> <p>De rodillas (*)</p> <p>(*) Más de 2 horas en total por día</p>
Levantamiento de carga frecuente	<p>40 KG. una vez / día (*)</p> <p>25 KG. más de doce veces / hora (*)</p> <p>5 KG más de dos veces / minuto (*)</p> <p>Menos de 3 Kg. Mas de cuatro veces / min. (*)</p> <p>(*) Durante más de 2 horas por día</p>
Esfuerzo de manos y muñecas	<p>Si se manipula y sujeta en pinza un objeto de más de 1 Kg. (*)</p> <p>Si las muñecas están flexionadas, en extensión, giradas o lateralizadas haciendo un agarre de fuerza (*).</p> <p>Si se ejecuta la acción de atornillar de forma intensa (*)</p> <p>(*) Más de 2 horas por día.</p>
Movimientos repetitivos con alta frecuencia Impacto repetido	<p>El trabajador repite el mismo movimiento muscular más de 4 veces/min.</p> <p>Durante más de 2 horas por día. En los siguientes grupos musculares:</p> <p>Cuello, hombros, codos, muñecas, manos,</p> <p>usando manos o rodillas como un martillo más de 10 veces por hora, más de 2 horas por día</p>
Vibración de brazo-mano de moderada a alta	<p>Nivel moderado: mas 30 min./día.</p> <p>nivel alto: mas 2horas/día</p>

7.2 ANEXO 2: TIEMPOS GENERALES DE LA ETAPA DE ENSACADO

Nº SACO	TIEMPO (seg)	OBSERVACIÓN	Nº SACO	TIEMPO (seg)	OBSERVACIÓN	Nº SACO	TIEMPO (seg)	OBSERVACIÓN
1	10,88	Tiempos Normales	73	17,91	Distracción	145	25,79	Falta de espacio
2	13,84	Tiempos Normales	74	18,2	Falta de espacio	146	63,47	Abastecimiento de sacos
3	12,3	Tiempos Normales	75	14,62	Tiempos Normales	147	19,53	Distracción
4	14,98	Tiempos Normales	76	50,43	Abastecimiento de sacos	148	19,43	Falta de espacio
5	14,52	Tiempos Normales	77	14,94	Tiempos Normales	149	24,7	Falta de espacio
6	13,2	Tiempos Normales	78	20,32	Distracción	150	29,84	Falta de espacio
7	12,97	Tiempos Normales	79	11,89	Tiempos Normales	151	36,9	Hablando con Jefe de Producción
8	11,3	Tiempos Normales	80	41,35	Hablando con Jefe de Producción	152	37,36	Hablando con Jefe de Producción
9	11,1	Tiempos Normales	81	22,87	Distracción	153	27,12	Falta de espacio
10	12,79	Tiempos Normales	82	30,25	Distracción	154	14,57	Tiempos Normales
11	13,11	Tiempos Normales	83	18,24	Distracción	155	28,34	Distracción
12	12,86	Tiempos Normales	84	26	Distracción	156	35,76	Hablando con Jefe de Producción
13	12,24	Tiempos Normales	85	14,64	Tiempos Normales	157	24,22	Distracción
14	8,29	Tiempos Normales	86	17,04	Distracción	158	22,14	Distracción
15	11,47	Tiempos Normales	87	15,32	Tiempos Normales	159	29,88	Distracción
16	15,22	Tiempos Normales	88	23,13	Distracción	160	29,17	Distracción
17	14,02	Tiempos Normales	89	17,43	Falta de espacio	161	25,5	Distracción
18	11,67	Tiempos Normales	90	17,84	Falta de espacio	162	12,3	Tiempos Normales
19	12,84	Tiempos Normales	91	52,6	Hablando con Jefe de Producción	163	17,46	Falta de espacio
20	12,59	Tiempos Normales	92	23,41	Distracción	164	16,96	Falta de espacio
21	19,97	Distracción	93	16,38	Falta de espacio	165	19,89	Falta de espacio
22	12	Tiempos Normales	94	19,96	Distracción	166	15,4	Tiempos Normales
23	13	Tiempos Normales	95	74,21	Falla de la maquina de coser	167	15,34	Tiempos Normales
24	15,83	Tiempos Normales	96	26,37	Distracción	168	13,67	Tiempos Normales
25	16,72	Distracción	97	19,12	Falta de espacio	169	20,12	Distracción
26	13,87	Tiempos Normales	98	15,24	Tiempos Normales	170	13,44	Tiempos Normales
27	18	Distracción	99	20,26	Distracción	171	14,68	Tiempos Normales
28	16,31	Falta de espacio	100	19,69	Falta de espacio	172	14,17	Tiempos Normales
29	40,76	Abastecimiento de sacos	101	12,3	Tiempos Normales	173	17,18	Falta de espacio
30	37,5	Hablando con Jefe de Producción	102	19,55	Falta de espacio	174	15,68	Tiempos Normales
31	24,76	Falta de espacio	103	9,1	Tiempos Normales	175	13,07	Tiempos Normales
32	30,75	Hablando con Jefe de Producción	104	14,69	Tiempos Normales	176	18,09	Falta de espacio
33	35,59	Hablando con Jefe de Producción	105	12,51	Tiempos Normales	177	12,47	Tiempos Normales
34	37,12	Hablando con Jefe	106	12,05	Tiempos Normales	178	20,64	Distracción
35	15,12	Tiempos Normales	107	16,7	Tiempos Normales	179	13,38	Tiempos Normales
36	16,81	Falta de espacio	108	9,32	Tiempos Normales	180	17,64	Falta de espacio
37	15,93	Tiempos Normales	109	14,22	Tiempos Normales	181	17,43	Falta de espacio
38	14,86	Tiempos Normales	110	13,47	Tiempos Normales	182	17,02	Falta de espacio
39	15,92	Falta de espacio	111	20,82	Distracción	183	12,54	Tiempos Normales
40	18,4	Falta de espacio	112	11,76	Tiempos Normales	184	18,25	Distracción
41	12,25	Tiempos Normales	113	12,26	Tiempos Normales	185	14,84	Tiempos Normales
42	16,27	Falta de espacio	114	18,97	Distracción	186	29,37	Distracción
43	13,3	Tiempos Normales	115	13,31	Tiempos Normales	187	16,94	Falta de espacio
44	13,83	Tiempos Normales	116	12,86	Tiempos Normales	188	23,06	Distracción
45	17,52	Falta de espacio	117	11,49	Tiempos Normales	189	23,04	Distracción
46	19,19	Distracción	118	16,69	Tiempos Normales	190	26,07	Distracción
47	17,92	Falta de espacio	119	12,39	Tiempos Normales	191	20,21	Distracción
48	35,63	Falta de espacio	120	14,93	Tiempos Normales	192	42,81	Abastecimiento de sacos
49	14,81	Tiempos Normales	121	47,29	Hablando con Jefe de Producción	193	27,13	Distracción
50	22,24	Distracción	122	19,23	Distracción	194	19,85	Falta de espacio
51	21,17	Falta de espacio	123	11,07	Tiempos Normales	195	16,24	Falta de espacio
52	18,79	Falta de espacio	124	12,6	Tiempos Normales	196	21,21	Falta de espacio
53	21,27	Falta de espacio	125	17,07	Falta de espacio	197	19,56	Falta de espacio
54	16,06	Tiempos Normales	126	9,56	Tiempos Normales	198	20,63	Falta de espacio
55	12,45	Tiempos Normales	127	12,18	Tiempos Normales	199	15,21	Tiempos Normales
56	17,82	Falta de espacio	128	19,77	Falta de espacio	200	17,78	Falta de espacio
57	19,4	Falta de espacio	129	10,08	Tiempos Normales			
58	19,72	Distracción	130	14,19	Tiempos Normales			
59	26,53	Falta de espacio	131	16,39	Tiempos Normales			
60	19,26	Falta de espacio	132	14,86	Tiempos Normales			
61	15,1	Tiempos Normales	133	16,11	Tiempos Normales			
62	14,42	Tiempos Normales	134	27	Distracción			
63	15,97	Tiempos Normales	135	22,4	Distracción			
64	19,64	Distracción	136	20,39	Falta de espacio			
65	17,12	Distracción	137	23,04	Falta de espacio			
66	22,02	Distracción	138	21,23	Falta de espacio			
67	15,53	Tiempos Normales	139	23,26	Falta de espacio			
68	11,56	Tiempos Normales	140	38,68	Falta de espacio			
69	18,37	Falta de espacio	141	22,51	Falta de espacio			
70	13,96	Tiempos Normales	142	80,06	Montacargas			
71	14,63	Tiempos Normales	143	19,11	Falta de espacio			
72	16,97	Falta de espacio	144	31,67	Falta de espacio			

7.3 ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA A SELECCIONAR

Temperatura en continuo (puntual) del producto transportado °C	Tejidos		Espesor banda mm	Peso banda kg/m ²	a 20°C		Carga de rotura N/mm	Carga de trabajo al 1% alargamiento N/mm	Carga de trabajo al 1,5% alargamiento N/mm	Ancho máx. de fabricac. mm	Tipo de banda
	Nº de telas	Trama			A  B						
					∅ mm	∅ mm					
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,10	4,00	50	80	120	9	13	2-2950	A10 GF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,10	4,00	50	80	120	9	13	2-2950	A12 GF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,50	4,20	50	80	120	8	12	2000	A12 G2F
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	6,30	5,25	80	100	120	8	12	2000	A12 G2K
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	3,20	3,50	50	80	120	9	13	2-3000	A13 QF
- 10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,20	4,10	50	80	160	13	18	2-2950	A15 GF
- 10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,50	4,20	50	80	150	13	18	2000	A15 G2F
- 10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	3,20	3,50	50	60	150	13	18	2-3000	A15 QF
- 10 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	8,75	4,80	80	100	150	13	18	1250	A15 W1F
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	3,00	3,30	60	80	200	14	20	3000	A20 AF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,50	4,20	60	100	200	14	20	2-2950	A20 GF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	5,80	4,60	60	100	160	16	22	2000	A20 G2F
- 15 (-25) + 80 (100)	2	Rígida	5,50	4,80	120	200	200	14	20	1800	A21 BF
- 15 (-25) + 80 (100)	2	Rígida	5,00	4,80	80	150	200	14	20	2000	A21 HF
- 15 (-25) + 80 (100)	2	Rígida	5,50	4,80	120	200	200	14	20	2000	A21 LF
- 15 (-25) + 80 (100)	2	Flexible	4,50	4,70	80	100	200	18	28	2000	A21 ZK
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	6,40	6,90	50	80	160	14	22	2000	A24QF
- 15 (-25) + 80 (100)	2	Flexible	14,90	7,30	230	280	550	25	55	600	A26 XC
- 5 (-15) + 80 (100)	3	Rígida	6,40	7,00	150	200	300	20	28	2000	A33 QF
- 15 (-25) + 80 (100)	2	Flexible	19,50	7,30	230	280	550	25	55	800	A36 X1C

Aster

Fuente: Direct Industry (Página web)


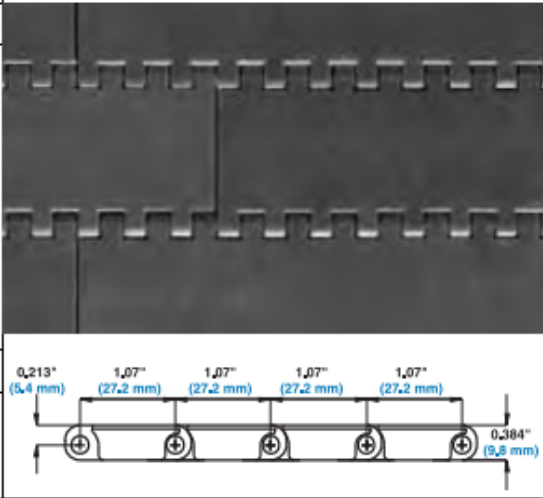
7.4 ANEXO 4: VALORES DEL FACTOR DE FRICCIÓN

ANCHO BANDA Pulg.	VALORES DE Q NORMAL EN lb/pie PESO DEL MATERIAL EN lb/pie ³						
	20	35	50	75	100	125	150
12	1.1	2.0	2.8	4.3	5.7	7.2	8.6
18	3.3	5.8	8.3	12.4	16.5	20.6	24.8
24	6.7	11.8	16.8	25.2	33.6	42.0	50.4
30	11.3	19.8	28.3	42.2	56.6	70.7	84.9
36	17.1	29.9	42.7	64.1	85.5	106.8	128.2
42	24.0	42.1	60.1	90.2	120.7	150.3	180.3
48	32.2	56.3	80.4	120.6	160.8	201.1	241.3
54	41.5	72.6	103.7	155.5	207.4	259.2	311.0
60	52.0	90.9	129.9	194.8	259.8	324.7	389.6
72	76.4	133.8	191.1	286.6	382.2	477.7	573.3

$\frac{Q_{calc} \times 100\%}{Q_{normal}}$	Factor Fy
hasta 50	0.032
50 a 60	0.032
60 a 70	0.034
70 a 80	0.036
80 a 90	0.038
90 a 100 normal	0.040
100 a 110	0.042
110 a 120	0.044
120 a 130	0.046
130 a 140	0.048
140 a 150	0.050
150 a 160	0.052

7.5 ANEXO 5: FICHA TÉCNICA DE BANDA TRANSPORTADORA SERIE 900 FLAT TOP DE LA MARCA INTRALOX

Flat Top		
	pulg.	mm
Paso	1,07	27,2
Ancho mínimo	2	51
Incrementos del ancho	0,33	8,4
Dimensión de abertura (aproximado)	-	-
Área abierta	0 %	
Tipo de bisagra	Cerrada	
Método de accionamiento	Accionamiento central	
Notas sobre el producto		
<ul style="list-style-type: none"> • Póngase en contacto con Intralox si desea realizar una medida precisa de la banda y comprobar el estado de las existencias antes de diseñar equipo o pedir una banda. • Superficie lisa y cerrada con bordes totalmente al ras. • Utiliza varillas con cabeza. • Ideal para el transporte de envases, especialmente de vidrio. • El nilón resistente al calor se usa en aplicaciones secas a temperaturas elevadas. • Las bandas de nilón resistente al calor usan varillitas para mantener la varilla de articulación principal en su lugar. Las varillitas están hechas del mismo material que la varilla principal. 		
Información adicional		
<ul style="list-style-type: none"> • Consulte "Proceso de selección de bandas" (página 5) • Consulte "Materiales estándar para las bandas" (página 22) • Consulte "Materiales para aplicaciones especiales" (página 22) • Consulte "Factores de fricción" (página 27) 		

Datos de la banda											
Material de la banda	Material de las varillas estándar Ø 0,18 pulg. (4,6 mm)	BS		Resistencia de la banda		Rango de temperatura (continuo)		W		Peso de la banda	
		lb/pie	kg/m	*F	*C	lb/pie ²	kg/m ²				
Polipropileno	Polipropileno	700	1040	34 a 220	1 a 104	0,96	4,69				
Polietileno	Polietileno	350	520	-50 a 150	-46 a 66	1,01	4,95				
Acetal	Polipropileno	1480	2200	34 a 200	1 a 93	1,5 0	7,30				
Acetal EC	Polipropileno	800	1190	34 a 200	1 a 93	1,5 0	7,30				
Nilón resistente al calor ^a	Nilón	1200	1790	-50 a 240	-46 a 116	1,40	6,80				
Nilón resistente a altas temperaturas	Nilón	1200	1790	-50 a 310	-46 a 154	1,40	6,80				
Acetal ^b	Polietileno	1000	1490	-50 a 70	-46 a 21	1,5 0	7,30				

7.6 ANEXO 6: TABLA DE FACTORES DE SERVICIO PARA BANDAS TRANSPORTADORAS SEGÚN INTRALOX

Tabla 6 (SF) FACTOR DE SERVICIO		
Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente.		1,0
Arranques frecuentes bajo carga (más de uno por hora)	AGREGAR 0,2	
A velocidades superiores a 100 FPM (pies por minuto) (30 metros/min)	AGREGAR 0,2	
Transportadores ascendentes	AGREGAR 0,4	
Transportadores por empuje	AGREGAR 0,2	
		TOTAL

Nota: Para velocidades superiores a los 50 pies/min (15 m/min) en transportadores que arrancan con acumulación de producto, se recomienda usar motores de arranque suave.

7.7 ANEXO 7: CLASIFICACIÓN DE SENSORES Y TRANSDUCTORES

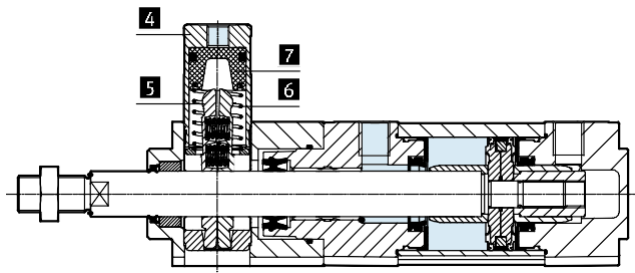
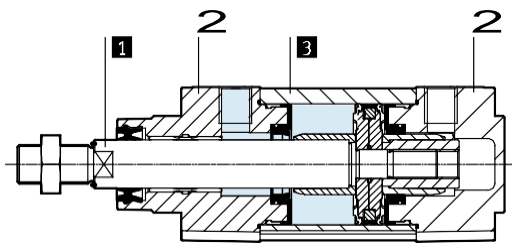
Magnitud detectada	Sensor o transductor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro Encoders Sincro y resolver	Analógico Digital Analógico
Desplazamiento o deformación	Transformador diferencial Galga extensiométrica	Analógico Analógico
Velocidad lineal o angular	Dinamo tacométrica Encoders Detector inductivo u óptico	Analógico Digital Digital
Aceleración	Acelerómetro Sensor de velocidad	Analógico Digital
Fuerza y par	Medición indirecta por galgas o trafos diferenciales	Analógico
Presión	Membrana + detector Piezoeléctrico	Analógico Analógico
Caudal	De turbina Magnético	Analógico Analógico
Temperatura	Termopar Resistencias PT100 Resistencias NTC Resistencias PTC Bimetálicos	Analógico Analógico Analógico Todo-nada Todo-nada
Presencia o proximidad	Inductivo Capacitivo Óptico Ultrasónico	Todo-nada/analógico Todo-nada Todo-nada/analógico Analógico
Táctil	Matriz de contactos Piel artificial Matriz capacitiva, piezoeléctrica u óptica	Todo-nada Analógico Todo-nada
Sistemas de visión artificial	Cámaras CCD Cámaras de video y tratamiento de imagen	Procesamiento digital por puntos o píxeles

Fuente: Hidalgo, 2006

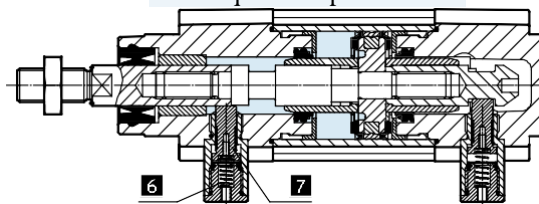
7.8 ANEXO 8: HOJA DE DATOS DE CILINDROS NORMALIZADOS DSBC, ISO 15552

Vista en sección – Tipo básico
bloqueo

Con unidad de



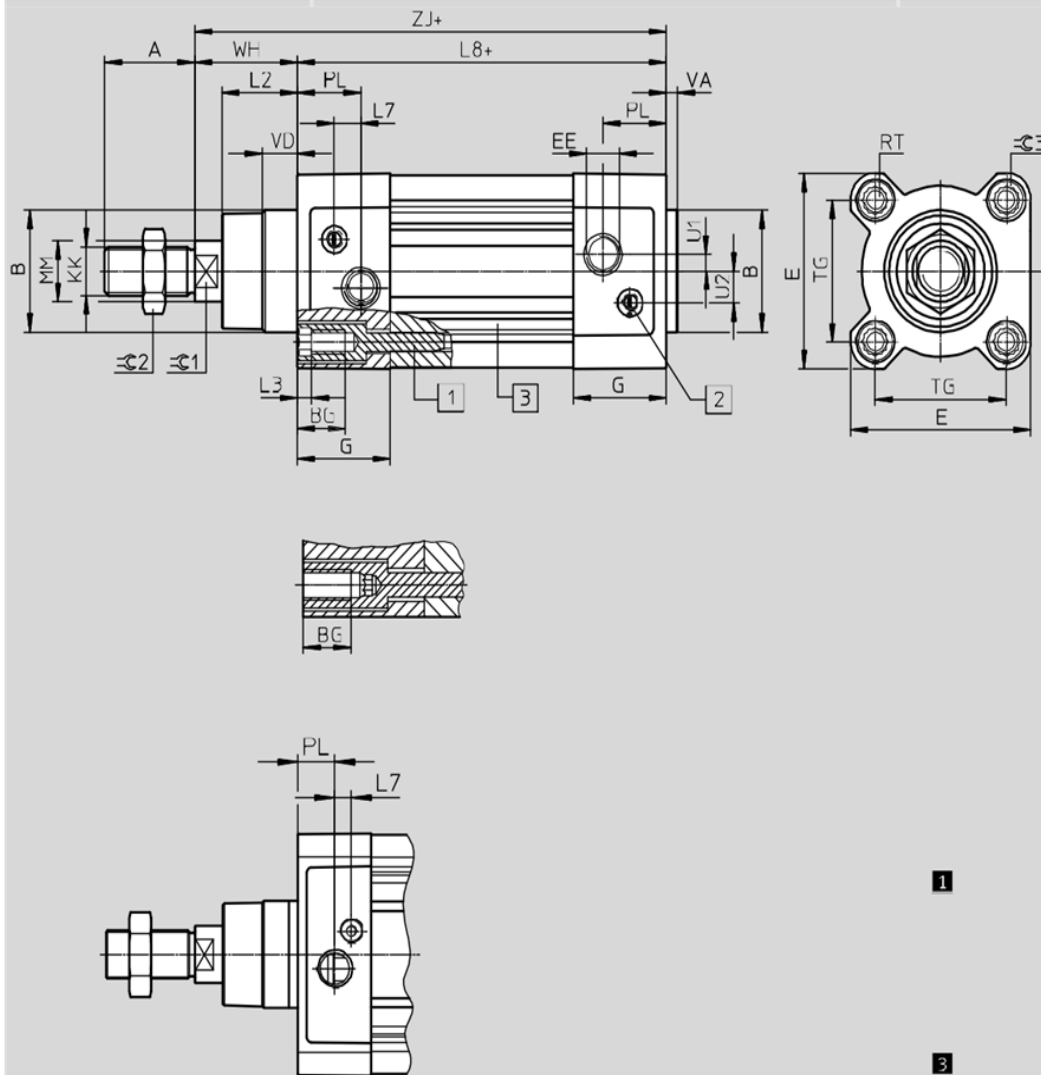
Con bloqueo de la posición final

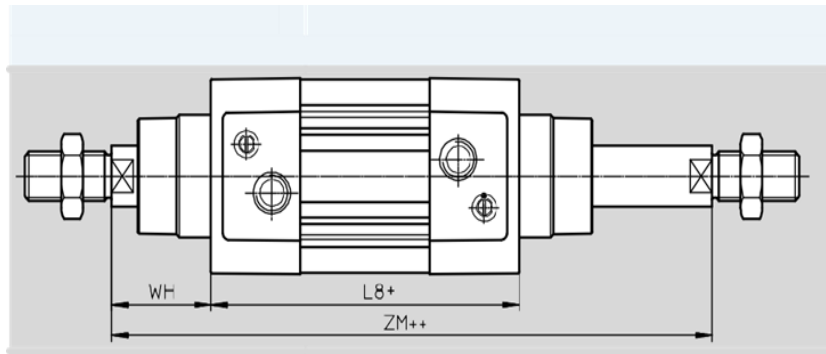


Cilindro normalizado	
1	Vástago
	DSBC-... Acero de aleación fina
	DSBC-...-R3 Acero de alta aleación, inoxidable
	DSBC-...-A2/-A6 Acero templado, cromado duro
2	Culata
	Fundición inyectada de aluminio, recubierta
	Tubo perfilado Aleación forjada de aluminio anodizado
	Cuerpo, unidad de bloqueo Aleación forjada de aluminio anodizado
	Mordaza de sujeción Latón
	Muelle
	DSBC-...-C Acero de muelles
	DSBC-...-E1/E2/E3 Acero de alta aleación, inoxidable
7	Émbolo
	DSBC-...-C POM
	DSBC-...-E1/E2/E3 Acero templado
–	Junta del vástago
	DSBC-... PUR
	DSBC-...-L/-U Caucho fluorado
	DSBC-...-L1 HNBR
	DSBC-...-T1/-T4/-A1 FPM
	DSBC-...-T3 PUR (apropiado para bajas temperaturas)
	DSBC-...-A3 UHMW-PE
	Rascador de émbolo
	DSBC-...-A6 CuZn
	Junta del tope
	DSBC-... PUR
	DSBC-...-U Caucho fluorado
	DSBC-...-T1/-T4 FPM
	DSBC-...-T3 PUR (apropiado para bajas temperaturas)
	Émbolo de tope
	DSBC-... POM
	DSBC-...-L/-U Aluminio
	DSBC-...-T1/-T3/-T4 Aluminio
–	Nota sobre el material
	DSBC-... Conformidad con la directiva 2002/95/CE (RoHS)

Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Tipo de sujeción con sentido de trabajo	En ambos lados						
	Bloqueo mediante muelle						
	Desbloqueo mediante aire comprimido						
Fuerza desujeción estática [N]	600	1000	1400	2000	5000	5000	7500
Juego axial máx. bajo carga [mm]	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8
Presión mín. de desbloqueo [bar]	3						

Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Tipo de sujeción	Bloqueo con enganche mecánico mediante cilindro de retención					
	Desbloqueo mediante aire comprimido					
Fuerza desujeción estática [N]	500	500	2000	2000	5000	5000
Holgura axial máx. a con bloqueo en la posición final [mm]	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5
Presión mín. de desbloqueo [bar]	≤ 2,5		≤ 1,5			
Presión máx. de desbloqueo [bar]	≥ 0,5					





∅ [mm]	A -0,5	B ∅ d11	BG Mín.	E +0,5	EE	G -0,2	U2 ±0,1	U1 ±0,1	KK
32	22	30	16	45	G1/8	28	5,7	5,25	M10x1,25
40	24	35	16	54	G1/4	33	8	4	M12x1,25
50	32	40	16	64	G1/4	33	10,4	5,5	M16x1,5
63	32	45	16	75	G3/8	40,5	12,75	6,25	M16x1,5
80	40	45	17	93	G3/8	43	12,5	8	M20x1,5
100	40	55	17	110	G1/2	48	13,5	10	M20x1,5
125	54	60	20	136	G1/2	44,7	13	8	M27x2

∅ [mm]	L2	L3 Máx.	L7	L8 ±0,4	MM ∅	PL ±0,1	RT	TG ±0,3
32	18 _{-0,2}	5	6,5	94	12	19,5	M6	32,5
40	21,3 _{-0,2}	5	7,5	105	16	22,5	M6	38
50	26,8 _{-0,2}	5	9,5	106	20	22,5	M8	46,5
63	27 _{-0,2}	5	9	121	20	27,5	M8	56,5
80	34,2 _{-0,2}	-	11	128	25	30	M10	72
100	38 _{-0,2}	-	7,5	138	25	31,5	M10	89
125	45,5 _{-0,3}	-	10	160	32	22,5	M12	110

∅ [mm]	VA	VD +0,5	WH +2,2	ZI +1,8	ZM +1	R31	R32	R33
32	4 _{-0,2}	10	25	119,1	146,1	10	16	6
40	4 _{-0,2}	10,5	28,7	133,9	164,8	13	18	6
50	4 _{-0,2}	11,5	35,6	141,8	179,8	17	24	8
63	4 _{-0,2}	15	35,9	157,1	195,4	17	24	8
80	4 _{-0,2}	15,7	45,4	173,6	221	22	30	6
100	4 _{-0,2}	19,2	49,3	187,5	238,8	22	30	6
125	6 _{-0,3}	20,5	64,1	225	290	27	41	8

7.9 ANEXO 9: FICHA TÉCNICA AUTÓMATA PROGRAMABLE



Main

Range of product	Modicon M221
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	24 V DC
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	Transistor
Discrete output number	10 transistor including 2 fast output
Discrete output voltage	24 V DC
Discrete output current	0.5 A

Complementary

Discrete I/O number	24
Number of I/O expansion module	≤ 7 with ≤ 40 discrete output(s) for relay output ≤ 7 with ≤ 176 discrete output(s) for transistor output
Supply voltage limits	19.2...28.8 V
Inrush current	≤ 35 A
Power consumption in W	≤ 14 W at 24 V
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Analogue input resolution	10 bits
LSB value	10 mV
Conversion time	1 ms per channel + 1 controller cycle time for analog input
Permitted overload on inputs	+/- 15 V DC for analog input permanent +/- 30 V DC for analog input with 5 min maximum
Voltage state 1 guaranteed	≥ 15 V for input
Current state 1 guaranteed	≥ 2.5 mA for input
Voltage state 0 guaranteed	≤ 5 V for input
Current state 0 guaranteed	≤ 1 mA for input
Discrete input current	7 mA for input
Input impedance	100 kOhm for analog input 3.4 kOhm for discrete input
Response time	10 ms turn-off operation for output 10 ms turn-on operation for output 5 μ s turn-off operation for fast input 5 μ s turn-on operation for fast input 100 μ s turn-off operation for input; I8...I15 terminal 100 μ s turn-on operation for input; I8...I15 terminal 35 μ s turn-off operation for input; I2...I5 terminal 35 μ s turn-on operation for input; I2...I5 terminal
Configurable filtering time	12 ms for input 3 ms for input 0 ms for input
Discrete output logic	Positive logic (source)
Output frequency	0.1 kHz at Q2...Q9 terminal 100 kHz for fast output (PWMPLS mode) at Q0...Q1 terminal
Absolute accuracy error	+/- 1 % of full scale for analog input

Mechanical durability	>= 20000000 cycles for transistor output
Tungsten load	<= 12 W for output and fast output
Protection type	Overload and short-circuit protection at 1.3 A
Reset time	1 s automatic reset
Memory capacity	256 kB for program with 10000 instructions
Data backed up	256 kB built-in flash memory for backup of programs
Data storage equipment	2 GB SD card optional
Battery type	BR2032 lithium non-rechargeable, battery life: 4 yr
Backup time	1 year at 25 °C by interruption of power supply
Execution time for 1 KInstruction	0.3 ms for event and periodic task
Execution time per instruction	0.2 µs Boolean
Exct time for event task	60 µs response time
Clock drift	<= 30 s/month at 25 °C
Regulation loop	Adjustable PID regulator up to 14 simultaneous loops
Positioning functions	PWMPLS function 2 channel(s) (positioning frequency: 100 kHz)
Control signal type	Single phase signal at 100 kHz for fast input (HSC mode) Pulse/Direction signal at 100 kHz for fast input (HSC mode) A/B signal at 50 kHz for fast input (HSC mode)
Counting input number	4 fast input (HSC mode) (counting frequency: 100 kHz), counting capacity: 32 bits
Integrated connection type	Ethernet with connector RJ45 Non isolated serial link "serial 1" with connector RJ45 and interface RS232/RS485 USB port with connector mini B USB 2.0
Supply	Serial serial link supply at 5 V 200 mA
Transmission rate	480 Mbit/s - communication protocol: USB 1.2...115.2 kbit/s (115.2 kbit/s by default) for bus length of 3 m - communication protocol: RS232 1.2...115.2 kbit/s (115.2 kbit/s by default) for bus length of 15 m - communication protocol: RS485
Communication port protocol	Non isolated serial link : Modbus protocol master/slave - RTU/ASCII or SoMachine-Network USB port : USB protocol - SoMachine-Network
Port Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX 1 port with 100 m copper cable
Communication service	DHCP client Modbus TCP server Modbus TCP client Modbus TCP slave device
Local signalling	Ethernet network link yellow for Link (Link Status) Ethernet network activity green for ACT 1 LED green for SL 1 LED per channel green for IO state 1 LED red for BAT 1 LED green for SD card access (SD) 1 LED red for module error (ERR) 1 LED green for RUN 1 LED green for PWR
Electrical connection	Mini B USB 2.0 connector for a programming terminal Connector, 4 terminal(s) for analogue inputs Terminal block, 3 terminal(s) for connecting the 24 V DC power supply Removable screw terminal block for outputs Removable screw terminal block for inputs
Cable length	<= 3 m shielded cable for fast output <= 30 m unshielded cable for output <= 10 m shielded cable for fast input <= 30 m unshielded cable for input

7.10 ANEXO 10: CONSUMO DE ENERGÍA DE LA EMPRESA MOLISAM I E.I.R.L.

Lambayeque/Lambayeque

Recibo por Consumo del 01/04/2016 al 30/04/2016

Ciudad Samama Chuque, María Paulina

R.U.C.

Dirección Carr. PANAMERICANA NORTE N° 779 Cas. MUY FINCA PTO NUEVE

Referencia

Ruta 1324-10222-1420

Tarifa MT2 **Serie Medidor** 00000014736472 - Electrón.

Medición Media Tension **N° Hilos Medidor** 3

Tensión 10 KV **Modalidad** Potencia Variable

SED E-203818 **Inicio Contrato** 28/12/2015

Tipo Suministro Trifásica-Aérea(C5.2) **Termino Contrato** 27/12/2016

Abрил-2016

CÓDIGO 35519442

Promedio Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
274.7725	74.3181	200.0000	60.0000

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	6,567.7600	6,630.2000	272.4400	57,150.8719	Cargo Fijo		6.4320	6.43
Energía Activa Hora Punta (kWh)	264.9200	286.5400	21.6200	2,948.1709	Cargo por Reparación y Mantenimiento			15.55
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	6,292.8400	6,343.6600	250.8200	34,202.6931	Energía Activa HP	2948.1789	0.2177	641.82
Energía Reactiva (kVarh)	3,937.8900	4,109.5900	171.8000	23,412.2493	Energía Activa FP	34202.6931	0.1812	6197.53
Potencia Hora Punta (kW)	0.5500	0.5400	0.5400	73.6363	Energía Reactiva	12266.9877	0.0430	527.46
Potencia Fuera Punta (MW)	1.8900	1.9000	1.9000	263.1816	Pot. Uso Redes Distrib. HP	74.3181	11.5900	861.35
Factor Calificación : No Aplica		Fac.Medic. 136.3638			Pot. Activa Generación HP	73.6363	51.4500	3786.59
					Exc.Pot.Uso Redes Dist.FP	200.4544	11.8100	2367.37
					Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.2001)			390.15
					Interés Compensatorio	1.0000	126.9811	126.96
					Ajuste Tarifario	1.0000	39.4700	39.47
					SUB TOTAL			14962.70
					Imp. Dist. a las Ventas			2689.29
					Interés Moratorio	1.0000	12.9808	12.96
					Saldo por redondeo	1.0000	-0.0300	-0.03
					Diferencia de redondeo		0.0400	0.04
					Aporte Ley Nro. 28749 0.0079	37150.6720	0.0079	293.49
					Compensación interrupción distribución	1.0000	-442.8510	-442.85
					TOTAL RECIBO DE ABRIL-2016			17619.60
					Deuda Anterior (1 Mes.)			16391.60
					Total a Pagar incluye Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 418.95			

Año 2016

Año 2016

Importe 3 Últimos Meses Facturados

Feb - 2016 S/ 17266.20 Mar - 2016 S/ 16391.60

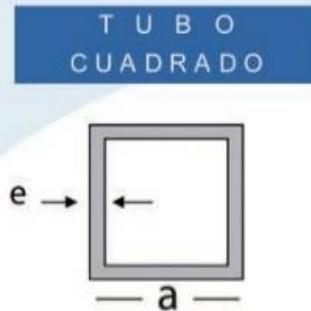
HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Consumo	2551	3074	2130	3798	2025	3590	4731	2335	3294	4051	3033	3374	3423
PFP kW	171.8102	175.1818	160.3007	274.3007	244.0007	285.1618	262.2714	293.8907	261.1816	274.1816	271.3616	266.6607	261.1816
PFP MW	0.4362	0.4365	0.4042	0.6812	0.2727	0.7045	0.6566	0.7330	0.1916	0.6966	0.7419	0.7199	0.6566

Emisión	05/05/2016	Vencimiento	05/05/2016		TOTAL	S/*****35,911.20
----------------	------------	--------------------	------------	--	--------------	-------------------------

Su AMT es : A3020 - LAM101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE

7.11 ANEXO 11: CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS CUADRADOS DE ACERO INOXIDABLE



Pulgadas	Calibre	Milímetros		Peso Teórico	
		a	e	Kg / Mt	Kg / 6.10 m
3/4"	16	19.05	1.65	0.900	5.490
1"	18	25.40	1.25	0.937	5.716
1"	16	25.40	1.65	1.230	7.503
1"	14	25.40	2.11	1.539	9.388
1 1/4"	18	31.75	1.25	1.190	7.259
1 1/4"	16	31.75	1.65	1.562	9.528
1 1/4"	14	31.75	2.11	1.959	11.950
1 1/2"	18	38.10	1.25	1.438	8.772
1 1/2"	16	38.10	1.65	1.889	11.523
1 1/2"	14	38.10	2.11	2.394	14.603
1 1/2"	11	38.10	3.05	3.361	20.502
1 3/4"	14	44.45	2.11	2.796	17.056
2"	16	50.80	1.65	2.543	15.512
2"	14	50.80	2.11	3.218	19.630
2"	11	50.80	3.05	4.563	27.834
2"	7	50.80	4.57	6.625	40.413
2 1/2"	14	63.50	2.11	4.162	25.388
3"	14	76.20	2.11	4.897	29.872
3"	11	76.20	3.05	6.990	42.639
3"	7	76.20	4.57	10.266	62.623
4"	11	101.60	3.05	9.310	56.791
4"	7	101.60	4.57	13.786	84.095

Tipos: 304L y 316 L

Nota: Los pesos son teóricos y podrían variar

Llámanos, lada sin costo 01 800 METRO (01 800 01 63870) ó Visita nuestro sitio web: www.grupometro.com.mx

7.12 ANEXO 12: CILINDROS COMPACTOS AEN, CARACTERÍSTICAS

Cilindros compactos AEN, ISO 21287

FESTO

Hoja de datos

Condiciones de funcionamiento y del entorno										
Diámetro del émbolo	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]									
Nota sobre el fluido de trabajo/mando	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)									
Presión de funcionamiento [bar]										
-	1,5 ... 10		1 ... 10							
Z	1,7 ... 10	2,2 ... 10	1,3 ... 10		0,7 ... 10	0,6 ... 10				
Q	1,5 ... 10		1 ... 10							
Temperatura ambiente ¹⁾ [°C]										
-	-20 ... +80									
S6	0 ... +120									
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2									

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores

2) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070

Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que estén en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]										
Diámetro del émbolo	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
AEN										
Fuerza teórica con 6 bar en avance	56	95	162	259	441	702	1098	1783	2899	4511
AEN...Z, tracción										
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	39	65	115	211	373	634	977	1663	2610	4323
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,04	0,04	0,04	0,08	0,1	0,15	0,18	0,28	0,35	0,7

7.13 ANEXO 13: COTIZACIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS



CODIZA S.A.

IMPORTADORA Y REPRESENTANTE EXCLUSIVO EN EL PERÚ
AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA, MINERÍA, PESQUERÍA Y COMERCIO



GODIZA S.A. HOMOLOGADO POR







REPRESENTANTE DE:










Telefonos: 528-7266 / 544-3906 / 5203-706 / FAX: 528-4530
Av. Los Plátanos N° 300 Urb. Industrial Infantas - Los Olivos - Lima Perú

Razón Social: **MOLISAM I S.A.C.** Fecha : 02/10/2017
 Atención : **SR. LENNON BUSTAMANTE TELLO** Nº de Cotización: **VRS4718**
 Moneda : **DOLARES AMERICANOS**
 Orden Servicio :

Item	Cant.	U.M.	Descripción	P.Unitario	Total
001	1.00	PZ	Faja PVC Verde Antiabrasivo Atóxica Color Verde Petróleo, Parte Superior Rugosa, Corrugada Tipo Pasañal De Abeja, Parte Inferior Tela Polyester Adaptable También Para Forrar Poleas, Rodillos Y Otras. Hasta Una Posición Inclineda De 45°. Con Certificado De Calidad Por FDA/USDA ISO 9001. Marca CRM Procedencia De Italia Estilo BETA15SG De 450mm De Ancho X 2 Plys De Polyester X 5.6mm De Espesor x 4,445mm De Largo. Vulcanizado A Temperatura Sin Fin Tipo Zig-Zag En Nuestro Local Codiza.	124.7000	124.70
002	1.00	PZ	Faja Transportadora Parte Superior Corrugada Tipo Pasañal De Abeja Para Transporte Inclinado De Material De Caucho Antiabrasivo Calidad RMA-1. Color Negro. Marca DUNLOP Procedencia Inglaterra D-200 De 450mm De Ancho X 2Ply X 6.7mm De Espesor x 4,445mm. De Largo. Vulcanizado Sin Fin Tipo Zig-Zag En Nuestro Local Codiza.	231.1500	231.15
003	1.00	PZ	Faja PVC Verde Antiabrasivo Atóxica Color Verde Petróleo, Parte Superior Rugosa, Corrugada Tipo Pasañal De Abeja, Parte Inferior Tela Polyester Adaptable También Para Forrar Poleas, Rodillos Y Otras. Hasta Una Posición Inclineda De 45°. Con Certificado De Calidad Por FDA/USDA ISO 9001. Marca CRM Procedencia De Italia Estilo BETA15SG De 450mm De Ancho X 2 Plys De Polyester X 5.6mm De Espesor x 4,128mm De Largo. Vulcanizado A Temperatura Sin Fin Tipo Zig-Zag En Nuestro Local Codiza.	116.6200	116.62
004	1.00	PZ	Faja Transportadora Parte Superior Corrugada Tipo Pasañal De Abeja Para Transporte Inclinado De Material De Caucho Antiabrasivo Calidad RMA-1. Color Negro. Marca DUNLOP Procedencia Inglaterra D-200 De 450mm De Ancho X 2Ply X 6.7mm De Espesor x 4,128mm. De Largo. Vulcanizado Sin Fin Tipo Zig-Zag En Nuestro Local Codiza.	216.1500	216.15
Mensaje :				SUB TOTAL \$	688.62
				IGV 18% \$	123.95
OCHOCIENTOS DOCE CON 57/100 DOLARES AMERICANOS				TOTAL \$	812.57

Representante de Ventas : **LIZ V. ZEGARRA FERNANDEZ**
 Teléfonos : **Anexo 103 Entel 981154890 RPM *645259 RPC 989932529**
 E-mail : **ventas2@codiza.com**
 Forma De Pago : **FACTURA CONTADO**
 Tiempo de entrega : **24 HORAS DESPUES DE RECIBIDA SU O/C**

CTA CTE BCP - SOLES : **S/.191-1582189-0-05** INTERBANCARIO : **S/.002-191-001582189005-58**
 CTA CTE BCP - DOLARES : **US\$. 191-1189549-1-54** INTERBANCARIO : **US\$ 002-191-001189549154-53**

VISITANOS EN NUESTRA WEB SITE

WWW.CODIZA.COM