



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño de una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Campos Tafur, Eduardo Stuart ([orcid.org/0000-0003-4385-7285](https://orcid.org/0000-0003-4385-7285))

Segura Cruz, Jorge Jeison ([orcid.org/0000-0002-2739-5554](https://orcid.org/0000-0002-2739-5554))

**ASESOR:**

Dr. Prado Gardini, Sixto Ricardo ([orcid.org/0000-0002-9135-2663](https://orcid.org/0000-0002-9135-2663))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHICLAYO – PERÚ  
2022**

## DEDICATORIA

*Dedicamos el esfuerzo puesto en esta investigación a nuestros padres y a las personas que nos brindaron su apoyo incondicional en esta etapa constructiva de vida profesional. A dios quien supo guiarnos en el camino y darnos fuerzas para cumplir con nuestras metas.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradecemos en primer lugar a Dios por brindarnos salud para cumplir esta meta de culminar nuestra carrera profesional con éxito.*

*Agradecer a los docentes que influyeron en nuestra etapa inicial universitaria, agradecer por su tiempo, dedicación y brindarnos una educación de calidad en esta etapa formativa.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	35
3.2. Variables y Operacionalización .....	35
3.3. Población, muestra y muestreo.....	35
3.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos.....	36
3.5. Procedimientos .....	37
3.6. Métodos de análisis de datos.....	38
3.7. Aspectos éticos .....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN .....	113
VI. CONCLUSIONES .....	117
VI. RECOMENDACIONES .....	119
REFERENCIAS.....	120
ANEXOS .....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	36
Tabla 2 .....	42
Tabla 3 .....	44
Tabla 4 .....	49
Tabla 5 .....	51
Tabla 6 .....	53
Tabla 7 .....	54
Tabla 8 .....	55
Tabla 9 .....	60
Tabla 10 .....	61
Tabla 11 .....	65
Tabla 12 .....	85
Tabla 13 .....	110
Tabla 14 .....	111
Tabla 15 .....	111
Tabla 16 .....	111
Tabla 17 .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	2
Figura 2 .....	3
Figura 3 .....	8
Figura 4 .....	9
Figura 5 .....	10
Figura 6 .....	12
Figura 7 .....	13
Figura 8 .....	13
Figura 9 .....	14
Figura 10 .....	14
Figura 11 .....	15
Figura 12 .....	16
Figura 13 .....	16
Figura 14 .....	17
Figura 15 .....	17
Figura 16 .....	19
Figura 17 .....	20
Figura 18 .....	22
Figura 19 .....	22
Figura 20 .....	37
Figura 21 .....	39
Figura 22 .....	40
Figura 23 .....	41
Figura 24 .....	46
Figura 25 .....	47

Figura 26 .....	48
Figura 27 .....	48
Figura 28 .....	50
Figura 29 .....	52
Figura 30 .....	55
Figura 31 .....	56
Figura 32 .....	57
Figura 33 .....	58
Figura 34 .....	59
Figura 35 .....	62
Figura 36 .....	63
Figura 37 .....	63
Figura 38 .....	66
Figura 39 .....	67
Figura 40 .....	68
Figura 41 .....	69
Figura 42 .....	71
Figura 43 .....	73
Figura 44 .....	74
Figura 45 .....	75
Figura 46 .....	76
Figura 47 .....	78
Figura 48 .....	79
Figura 49 .....	79
Figura 50 .....	81
Figura 51 .....	81
Figura 52 .....	82

Figura 53.....	86
Figura 54.....	87
Figura 55.....	87
Figura 56.....	88
Figura 57.....	89
Figura 58.....	90
Figura 59.....	93
Figura 60.....	96
Figura 61.....	96
Figura 62.....	97
Figura 63.....	97
Figura 64.....	98
Figura 65.....	98
Figura 66.....	99
Figura 67.....	99
Figura 68.....	100
Figura 69.....	101
Figura 70.....	102
Figura 71.....	102
Figura 72.....	103
Figura 73.....	103
Figura 74.....	104
Figura 75.....	104
Figura 76.....	105
Figura 77.....	105
Figura 78.....	106
Figura 79.....	109

## RESUMEN

Este proyecto de investigación tiene por objetivo diseñar una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del molino Latino S.A.C. Se inició analizando el proceso actual de ensacado de arroz pilado de la empresa, determinando los indicadores actuales de producción para obtener los criterios de diseño de la máquina ensacadora automatizada.

Luego se determinó los requerimientos de diseño de la máquina ensacadora y la morfología conveniente para plantear el diseño conceptual más óptimo. Seguidamente se realizó los cálculos para el dimensionamiento y modelado de cada uno de los elementos de la máquina ensacadora usando el software SolidWorks. Posteriormente se seleccionó los actuadores neumáticos, sensores, motor, y el controlador lógico programable (PLC). Para el diseño de sistema de control se usó el software Tia portal V15 donde se simuló el proceso operativo de la máquina ensacadora y se verificó la reducción del tiempo de ensacado. También se hizo el análisis de los nuevos indicadores de producción, los resultados obtenidos muestran un aumento del 1629.69 sacos/día y una reducción del tiempo de encado de 17.0 segundos. Finalmente se realizó el costo – beneficio de la propuesta para verificar su rentabilidad.

**Palabras Clave:** Producción, arroz, ensacadora, tiempo, automatización.

## **ABSTRACT**

The objective of this research project is to design an automated bagging machine to reduce the bagging time of piled rice from the Latino S.A.C. mill. It began by analyzing the company's current bagging process for piled rice, determining the current production indicators to obtain the design criteria for the automated bagging machine.

Then the design requirements of the bagging machine and the convenient morphology were determined to propose the most optimal conceptual design. Next, the calculations for the sizing and modeling of each of the elements of the bagging machine were carried out using the SolidWorks software. Subsequently, the pneumatic actuators, sensors, motor, and the programmable logic controller (PLC) were selected. For the design of the control system, the Tia portal V15 software was used, where the operating process of the bagging machine was simulated and the reduction in bagging time was verified. The analysis of the new production indicators was also made, the results obtained show an increase of 1629.69 sacks/day and a reduction in the packing time of 17 seconds. Finally, the cost - benefit of the proposal was made to verify its profitability.

**Keywords:** Production, rice, bagging, time, automation.

## I. INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales que ocupa el segundo lugar a nivel internacional más consumido a través de los siglos, ya que es la fuente de alimento primordial de la mitad de la población mundial. Según la USDA (2022) la producción de arroz en el mundo durante la campaña 2021/2022 ha cerrado con 512.9 millones de toneladas, elevándose para enero del 2022 en un 0.7% frente a la campaña anterior 2020/2021. El arroz es un producto que tiene una alta rentabilidad para la agroindustria molinera debido a su gran demanda en el mercado. El éxito de la comercialización de este producto depende en gran parte de los procesos que se realicen durante la industrialización.

A nivel nacional el arroz en el Perú ha crecido a una tasa promedio anual de 2,8% durante los últimos 20 años, logrando en la campaña 2021/2022 un total de 2.4 millones de toneladas de arroz, posicionándonos en el puesto 20 entre los productores de este cereal a nivel internacional. (León Carrasco, 2022, Sección Producción) En diciembre del 2021 el incremento de la producción de arroz a nivel departamental se vio reflejada en la subida de las cosechas y en la mejora de rendimientos en los departamentos de Piura (233.6%), Pasco (47.1%), Ucayali (40.2%) y Lambayeque (23.8%) que en totalidad contribuyeron con el 68% al total de la producción nacional de dicho cereal. (Instituto Nacional de Estadística e informática [INEI], 2020, p. 1)

A nivel regional, Lambayeque es el mayor productor de arroz en el Perú. Según el IV censo nacional de arroz realizado en el año 2019, Lambayeque concentra el 38.1% de volumen de arroz pilado. Actualmente existen 70 molinos activos, de estos 42 se sitúan en el distrito de Lambayeque. (Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), 2020, p. 2) Sobre la producción regional de arroz pilado existe un ranking de las molineras respecto al número de sacos de arroz por hora en campaña grande, en la Figura 1 se puede observar que la producción máxima de arroz pilado es de 200 sacos/ hora, liderada por la empresa Molinera Tropical del Norte S.A.C. (Calderón et al, 2017, p. 68)

**Figura 1**

*Ranking de los principales molinos según sacos de arroz pilado por hora*



*Nota.* Adaptado de *Nivel de competencia del sector molinero en el Departamento de Lambayeque – 2017* (p 68), por César Calderón et al, 2017.

Estas mejoras en producción se relacionan a que las industrias han acelerado la adopción de tecnologías y la automatización de sus procesos productivos. Así mismo las nuevas tendencias arrojan que la pandemia ocasionó un aceleramiento en el uso de la automatización: 6 de cada 10 (62%) profesionales de tecnología de la información (TI) informan que su compañía emplea herramientas y software de automatización, mientras que un 22% indica que planea adoptar el uso de esas herramientas y software en los siguientes años. (Diario El Peruano, 2021)

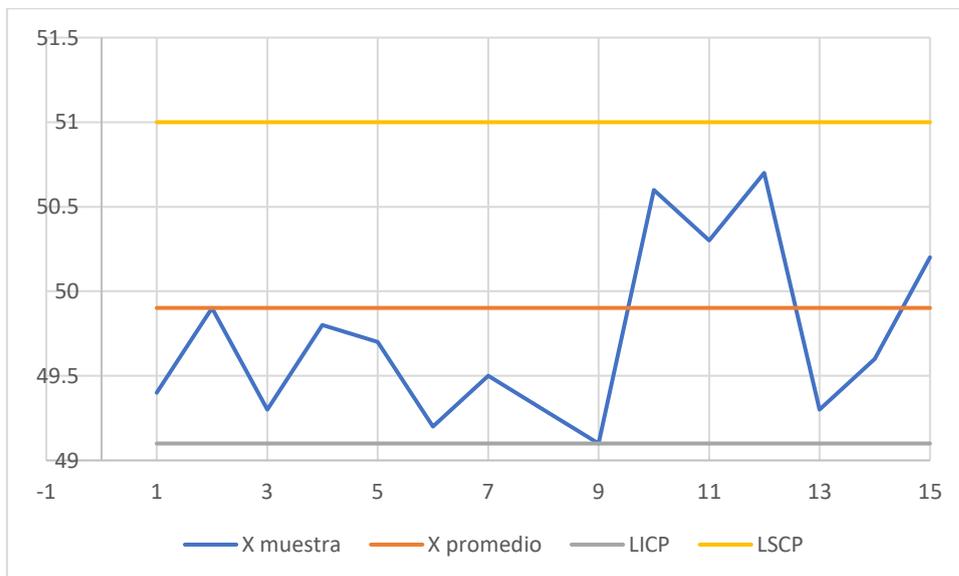
La presente investigación gira en torno a la empresa Molino Latino S.A.C, esta empresa se dedica a ofrecer servicio de pilado de arroz desde hace 17 años en la provincia de Ferreñafe perteneciente al departamento de Lambayeque. Cuenta con 18 trabajadores registrados en todas sus áreas. Gracias a la calidad de su producto y servicio se posiciona como uno de los molinos líderes en la agroindustria arrocera de Lambayeque, ofreciendo diferentes perfiles de arroz de muy buena índole y rendimiento. Su proceso productivo está formado por 15 operaciones, de las cuales la etapa de ensacado tiene una función fundamental,

esta etapa engloba las fases de llenado, pesado y cosido que se realizan manualmente, lo cual genera tiempos muertos y variaciones en el peso de los sacos con el producto. La empresa ha estimado que un operario trabajando en su rendimiento máximo tarda entre 39 y 50 segundos en realizar el ensacado, tiempo que en el transcurso de la jornada de trabajo va a aumentar, ya sea por fatiga o inactividad del operario.

Mediante una toma de muestras (Figura 2) de 15 lotes de producción, se pudo identificar las variaciones en el peso que conlleva realizar el ensacado de forma manual, obteniendo como promedio de los sacos de arroz pesados 49.90 kg, como peso más bajo 49.10 kg y el más alto 51 kg. Es decir, hay una variación de 90g por debajo del peso ideal (50 kg) y de 1kg por encima del peso ideal. Estas variaciones ocasionan insatisfacción al cliente y pérdidas para la empresa, ya que el costo por cada kg en el mercado bordea los 3 soles en la actualidad.

### Figura 2

Carta de control del promedio del peso de los sacos.



Nota. Adaptado del Molino Latino S.A.C, 2022

El problema científico que se desprende de la problemática planteada se puede reducir a la pregunta: ¿En qué medida el diseño de una máquina ensacadora

automatizada reduce el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C.?

La investigación se justifica en la necesidad para cubrir las falencias que presenta la empresa Molino Latino S.A.C. en la etapa de ensacado de arroz pilado; Lo que hace que esta investigación sea conveniente para la empresa, ya que no cuentan con una máquina que optimice los tiempos de ensacado.

A nivel social se estima que el arroz se consumirá en mayor proporción debido al crecimiento demográfico y la demanda de este, por ello se debe implementar la automatización en los procesos donde se generen cuellos de botella para así optimizar su producción y cumplir con la demanda requerida. A nivel económico la utilización de esta máquina ensacadora automatizada, reduce las pérdidas de producto, costos de mano de obra y así mismo incrementa la producción de sacos con arroz pilado.

Como objetivo general se tiene: Diseñar una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C. y como objetivos específicos: (1) Analizar el proceso actual de ensacado de arroz del molino Latino S.A.C. para obtener los criterios de diseño de la máquina ensacadora automatizada. (2) Realizar el diseño conceptual del sistema de llenado y tamizar el concepto solución mediante una matriz de valores ponderados. (3) Dimensionar y seleccionar los elementos electromecánicos de la máquina ensacadora. (4) Realizar la simulación del sistema de control de la máquina ensacadora usando el software TIA Portal V15. (5) Realizar un análisis económico de la propuesta.

Respecto a todo lo anterior se planteó como hipótesis que el diseño de la máquina ensacadora automatizada reducirá el tiempo de ensacado de arroz pilado y aumentará su producción del molino Latino SAC.

## II. MARCO TEÓRICO

Torres & Coronel (2016), en su trabajo de investigación titulado “Construcción y automatización de pesadora, ensacadora por fluidificación para pegantes cerámicos o cemento”, diseñaron una máquina para el ensacado y pesado de bolsas de cemento de manera rápida y precisa que cumpla con los estándares internacionales de fiabilidad de los empaques. Primero, diseñaron la estructura mecánica de la máquina mediante el software AUTOCAD a fin de que cumpla la demanda en el mercado. Segundo, diseñaron el sistema de control mediante el programa Thinget XC series, seleccionando como controlador principal de la máquina a un controlador lógico programable (PLC) de la marca XINJE Electronic modelo Thinget XC3- 19AR-E. Finalmente, realizaron pruebas de pesaje monitoreadas en laboratorio mediante PC, obteniendo que el sistema opera de forma lineal, es decir los valores son casi el peso ideal (0,08% de error promedio) y garantizan un peso correcto y un funcionamiento óptimo de la máquina. Se concluye que el prototipo logra disminuir los tiempos de ensacado e incrementar la producción desde 2400 a 3150 sacos por día.

Jaramillo (2020), en su investigación titulada “sistema mecatrónico de ensacado y pesaje de sustrato orgánico mineral para la empresa AAPAPROY CIA. LTDA.”, diseñó una máquina envasadora de tipo vertical para envasar sacos de sustrato orgánico de 50 kg. Inicialmente realizó un diagnóstico del proceso de ensacado y analizó los indicadores de producción actual, logrando identificar que la actividad de llenado y pesado generaba pérdidas para la empresa. Para ello se planteó realizar un diseño mecatrónico teniendo en cuenta las propiedades físicas y químicas del producto (porosidad, estructura y granulometría), también se tuvo en cuenta que la máquina deberá tener la capacidad necesaria para llenar dos sacos de 50 kg en un lapso de un minuto como mínimo. Por otra parte, se desarrolló un procedimiento metodológico que se basa en estrategias cualitativas o cuantitativas, el cual consta en proponer soluciones teóricas no experimentales para luego tamizar y seleccionar la mejor propuesta. Finalmente se hizo uso de programas computacionales tales como SolidWorks para el diseño de la parte mecánica, junto con las plataformas virtuales de programación TIA portal y LabView, donde se pudo

verificar el desempeño óptimo del diseño propuesto, según requerimientos de la empresa.

Bustamante Tello (2018), en su investigación titulada “Diseño de un Sistema Automatizado en la etapa de ensacado para incrementar la productividad en la empresa Molisam E.I.R.L.” buscó dar solución a la necesidad de satisfacer la demanda de los clientes, reduciendo los errores de pesado, mejorando la calidad y la velocidad de ensacado a través de un diseño mecánico y automatizado para la etapa de envasado de arroz. Primero se diagnosticó la situación inicial de la empresa tanto económico como a nivel de producción, para luego pasar a diseñar el sistema mecánico de la máquina envasadora y realizar la simulación del PLC donde se notó las siguientes diferencias en comparación del estado inicial: la productividad en mano de obra se incrementó en un 91,61%, disminuyó el tiempo improductivo y aumentó su capacidad utilizada del 100%. Con estos resultados se concluyó que la demanda será satisfecha.

Chancafe (2019), por medio de su investigación titulada “Propuesta de diseño de un sistema automatizado en el área de pre limpieza de arroz para incrementar la productividad en la empresa molinerías Grupo RAM S.A.C.” identificó la problemática de baja producción en la etapa de pre limpieza del producto, ya que la actividad que realiza el operario cuenta con poca supervisión y control, generando un riesgo ergonómico y fatiga al trabajador, para ello se propuso utilizar un sistema automatizado que aumente la producción de arroz pre limpiado al día. Primero evaluó la situación actual del proceso de pre limpieza y obtuvo los indicadores de producción que a su vez generó los requerimientos que tenía que tener el sistema automatizado. Segundo, hizo el diseño mecánico utilizando el software CAD SolidWorks y para el sistema de control se usó el programa So Machine, donde se simuló el entorno virtual del funcionamiento automatizado de la máquina. finalmente, los resultados del sistema diseñado fueron: aumento en un 91,04% de la productividad, reducción del tiempo de descarga de impurezas, se eliminaron actividades de riesgo para el operario y se redujo los tiempos muertos de maquinaria lo cual generaba un impacto económico de s/. 1 299,67 mensuales.

A continuación, se presentan conceptos relacionados con las variables de la investigación que fueron obtenidos mediante una revisión bibliográfica:

**Producción:** es la conversión o transformación de recursos en bienes o servicios, mediante la aplicación de una tecnología específica. Una operación de embotellado de bebidas, por ejemplo, implica un proceso de conversión en un producto tangible. (Anaya Tejero, 2016, p. 17)

**Productividad:** Se define como la relación entre las entradas utilizadas en producción y sus salidas. Así mismo, se establece como el producto de sustraer todas las entradas del total de salidas de un proceso. (Nemur, 2016, p. 2)

De tal manera la productividad se puede calcular desde el siguiente punto de vista:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos} \quad (1)$$

$$Productividad = \frac{Recursos Logrados}{Recursos empleados} \quad (2)$$

**Capacidad:** se define como capacidad a la cantidad de productos elaborados en una determinada fase de tiempo. (Alessio Ipinza & Benzaquen de las Casas, 2004, p. 61) Se clasifica en:

- Capacidad diseñada o máxima capacidad que llega a tener la maquinaria.
- Capacidad real que la empresa espera llegar a obtener en su producción.
- Capacidad ociosa, que es la diferencia entre la capacidad diseñada y la capacidad real.
- Utilización, que es la razón de la capacidad máxima con la capacidad actual de producción de la empresa.

$$Utilización = \frac{Producción Real}{Capacidad Diseñada} \quad (3)$$

**Diagrama hombre-máquina:** se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. (De la Hoz Montes et al, 2021, p. 5) La figura 3

muestra la relación de tiempo entre el ciclo de trabajo del operario y de la máquina, así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo.

**Figura 3**

*Caso de estudio mediante el diagrama HOMBRE - MÁQUINA*

Operación:				
Inicio de diagrama:				
Fin de diagrama:				
Operario	Tiempo (seg)	Máquina (1)	Máquina (2)	Máquina (3)
Arranque de la máquina 1		Trabajando-	Tiempo ocioso -	Tiempo ocioso -
Sostener el saco (llenado)				
Detener a la máquina 1				
Traslado a la máquina 2		Trabajando-	Tiempo ocioso -	
Arranque de la máquina 2				
Verificar el peso correcto				
Detener la máquina 2		Tiempo ocioso -	Tiempo ocioso -	
Traslado a la máquina 3				
Arranque de la máquina 3				
Sostener el saco (cocido)		Trabajando-	Tiempo ocioso -	
Detener la máquina 3				
Tiempo de ciclo				

*Nota.* Adaptado de *Implementación de Diagrama Hombre-Máquina* (p. 2), por De la Hoz et al, 2021, BILO.

Luego de elaborar este gráfico se pueden determinar los siguientes indicadores:

$$Producción\ por\ hora = \frac{Unid.\ de\ tiempo\ en\ 1\ hora}{Tiempo\ total\ del\ ciclo} \quad (4)$$

$$Producción\ por\ hora = \frac{Unid.\ de\ tiempo\ en\ 1\ hora}{Tiempo\ total\ del\ ciclo} \quad (5)$$

$$Saturación\ del\ operario = \frac{Tiempo\ de\ trabajo\ del\ hombre}{Tiempo\ total\ del\ ciclo} \times 100 \quad (6)$$

**Proceso industrial:** se comprende por proceso industrial, una secuencia sistemática de operaciones que transforma una materia prima en un bien o producto final (Figura 4). (Vásquez, 2016, p. 21) Se clasifican en procesos continuos y procesos discretos.

#### Figura 4

*Representación en bloques del proceso industrial*



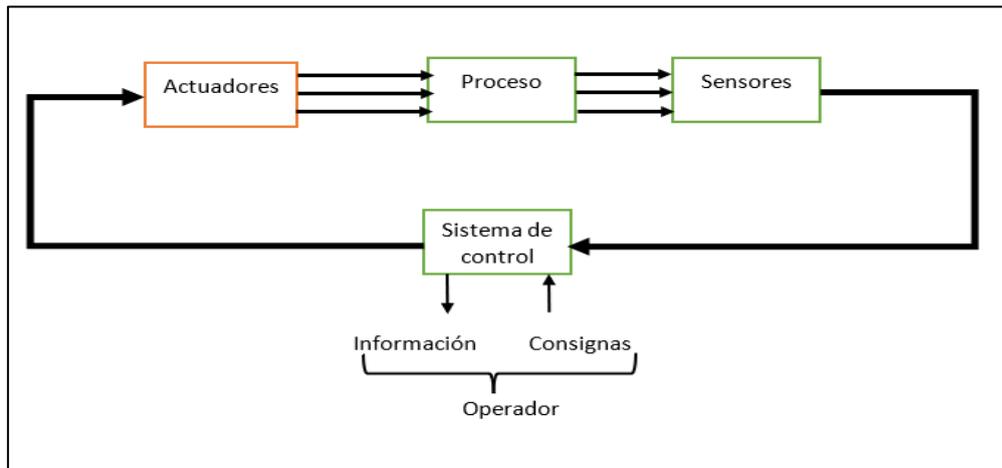
*Nota.* Adaptado de *Automatización Electroneumática* (p. 21), por Juan Vásquez, 2016, Ediciones de la U.

- Un proceso continuo es cuando una línea de producción es ininterrumpida durante el manejo de variables análogas como velocidad, presión, temperatura, etc. En ellos las variables siguen una dirección estable y se miden de manera continua (Vásquez, 2016, P.22).
- En un proceso discreto los valores de las variables cambian tan sólo en ciertos instantes de tiempo a partir de una secuencia de acciones donde el producto de salida sigue las instrucciones lógicas preestablecidas y solo pueden tomar dos valores posibles (SI = activado o NO = desactivado) (Vásquez, 2016, P.22).

**Automatización industrial:** es el control de máquinas y/o procesos industriales mediante elementos electromecánicos y computarizados (Figura 5), que sustituye la necesidad sensorial y mental del trabajador. Esto permite una línea de producción más óptima y reducción de riesgos al operario. (Ruiz, 2019, p. 1)

**Figura 5**

*Estructura de un sistema automatizado*



*Nota.* Adaptado de *Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipos y máquinas industriales* (p 1), por Ruiz, Diana 2019, IC Editorial.

Dentro de la automatización existen tres tipos que pueden implementarse en cualquier tipo de industria:

**Automatización fija:** se emplea en las industrias donde su producción es muy elevada. Comprende de un sistema operativo con secuencias fijas y está asociada al uso de sistemas lógicos. A pesar de que sus operaciones tienen secuencias sencillas, su alto coste en el diseño del equipo especializado y su poca flexibilidad de adaptación son algunas de las desventajas que se deben de tomar en cuenta antes de utilizar este tipo de automatización (Ruiz, 2019, p. 25)

**Automatización programable:** se usa cuando las industrias disponen de un volumen de producción baja y hay diversidad de producción a obtener. Se adecuan fácilmente a la elaboración de diferentes productos y está diseñado con el objetivo de poder modificar la secuencia en las operaciones. Este tipo de automatización se aplica en máquinas con control numérico y en robots industriales. (Ruiz, 2019, p. 26)

**Automatización flexible:** es una extensión de la automatización programable, se diferencia en la capacidad de ejecutar variaciones sin pérdidas de tiempos. Suele constituirse por estaciones de trabajo interconectadas por sistemas de

manipulación y almacenamiento de materiales, que son controlados por computadora (Ruiz, 2019, p. 27).

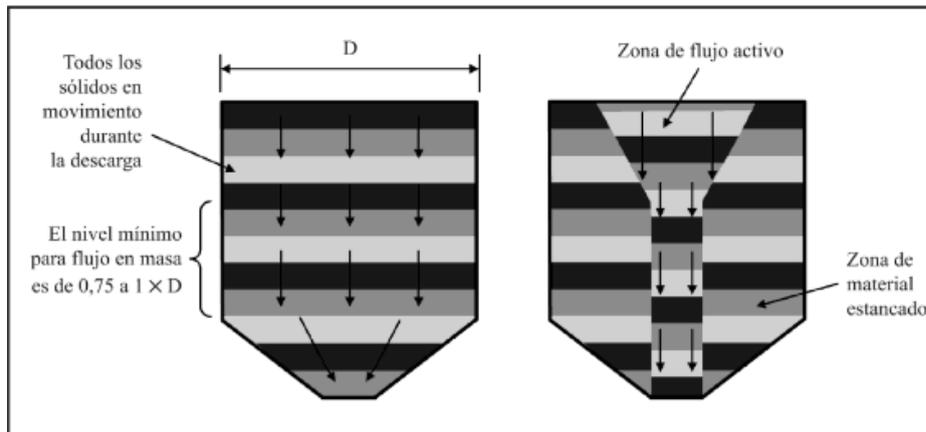
En nuestro proyecto la máquina ensacadora posee un sistema integrado y autónomo que le permite realizar las actividades de alimentación, de llenado y de liberación del saco, representa una gran ventaja en aplicaciones de productos pesados como el maíz, arroz, maní entre otros. (Equipos y Procesos [EP], 2022) La máquina ensacadora consta de los siguientes elementos mecánicos y electromecánicos:

**Tolva:** son estructuras en forma de cono invertido y abierta por debajo, fueron diseñadas para almacenar en su interior granos o semillas en la cantidad deseada, de manera que pueda descargarse cuando se necesite y bajo el ritmo que se requiera. Su vaciado está basado por lo general en la gravedad, ya que este es el modo más económico de hacerlo. Las tolvas estas conformadas por una parte cilíndrica y parte cónica de descarga y su uso depende del tipo de flujo y producto que se va a almacenar (Sebastian, 2010, p. 164). Existen dos tipos de flujo en tolva:

- **Flujo en Masa:** se denomina cuando todo el contenido de la tolva se mantiene en movimiento y desciende, aunque con distinta velocidad, pero por el mismo canal de descarga donde coincide con las paredes de la tolva. En general suelen usarse más por que la posibilidad de que surjan problemas de atascamiento del producto es más baja (Sebastian, 2010, p. 164).
- **Flujo en embudo (tipo Túnel):** implica que solo las partículas que se encuentran por encima de la apertura o en la parte central de la tolva se mueven, mientras que el resto permanece inmóvil. Se usa solo para manejar recursos que puedan fluir con facilidad y que no tengan problemas de degradación al paso del tiempo, observar la Figura 6 (Sebastian, 2010, p. 165).

## Figura 6

### *Tipos de flujo en una tolva*



*Nota.* Adaptado de *Energía de la Biomasa* (p. 165) por Sebastián et al 2010, Prensas Universitarias de Zaragoza.

**Dosificador:** tiene el trabajo de medir la cantidad de granos que van a caer para ser ensacados, es decir el cereal que se halla en la tolva de almacenamiento ingresa por acción neumática de las compuertas a los canales de dosificado, donde se realiza el pesaje del producto y luego desemboca en el saco manteniendo el peso que se requiere (Alvarado, 2004, p. 385). En el mercado existen diferentes tipos de dosificador, pero para nuestra investigación hemos considerado los siguientes:

- Dosificador tipo banda: es un sistema de dosificado que funciona con una banda transportadora, un motor reductor y un control de velocidad que sirve para el llenado grueso o fino de producto (concentrados, harinas, polvos y minerales, entre otros). Como se muestra en la Figura 7 (DIMONT LTDA, 2022).

## Figura 7

*Ensacadora con dosificador tipo banda*



*Nota.* Adaptado de *Ensacadoras*, por DIMONT LTDA, 2022.

- Dosificador por gravedad: es la dosificación del producto por gravedad, en el interior del canal de aceleración del producto en conjunto con la estructura de llenado que abarca la boquilla de llenado y el asiento apoya brazo. Este a su vez se mantiene conectado al sistema de pesajes libre e independiente del resto de la máquina, que funciona mediante celdas de carga que emite el peso a una central electrónica de pesaje que gestiona todos los datos.(DIMONT LTDA, 2022). Ver Figura 8.

## Figura 8

*Ensacadora con dosificador por gravedad*



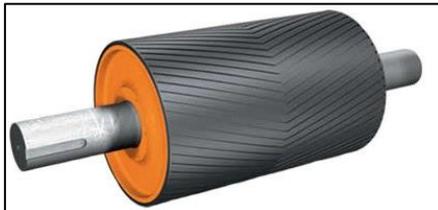
*Nota.* Adaptado de *Ensacadoras*, por DIMONT LTDA, 2022.

**Banda transportadora:** es uno de los aparatos de transporte más usados para el desplazamiento de sólidos y material a granel a una gran velocidad y distancia. Así mismo posee una alta resistencia mecánica longitudinal, resistencia al desgaste y a la humedad, una buena flexibilidad y una baja elasticidad (Larrode & Miravete, 2006, p. 170). Los principales elementos que poseen las bandas son:

- Motor: encargado de accionar el movimiento en la faja transportadora
- Reductores: reduce a la velocidad deseada.
- Tambores: sirven para variar el movimiento de la faja, normalmente la banda transportadora tiene 2 tambores (motriz y retorno) (Larrode & Miravete, 2006, p. 171). Ver Figura 9.

### Figura 9

*Tambor de banda transportadora*



*Nota.* Adaptado de *Google Imágenes*.

- Cinta: es el elemento donde se transporta los productos, generalmente son de material de PVC, poliéster y nylon. (Larrode & Miravete, 2006, p. 171) Ver Figura 10.
- Rodillos de apoyo: se colocan a lo largo del sistema transportador y sirven de apoyo para que la banda no se comba sobre el propio peso de la carga. (Larrode & Miravete, 2006, p. 172) Ver Figura 10.

### Figura 10

*Rodillos de apoyo de banda transportadora*



*Nota.* Adaptado de *Google Imágenes*.

**Máquina de coser portátil:** permite cerrar de manera rápida y segura sacos de polipropileno tejido, de yute, de algodón, de papel multicapa o de laminado tejido. Cuenta con un sistema de sellado eficiente ya que el hilo pasa 2 veces por el mismo lugar logrando un sellado muy reforzado y que es cortado por un cortahilos mecánico. Además, tiene una plancha fija por donde el eje de motor se mueve, el cual se activa mediante un pulsador o sensor al detectar un saco listo para coser (Figura 11).

### Figura 11

Máquina de coser portátil



*Nota.* Adaptado de *Google Imágenes*.

### Parte operativa de la máquina ensacadora

**Cilindros neumáticos (actuadores):** Son aquellos que utilizan aire comprimido como fuente de energía, mediante un grupo de compresores para luego ser distribuido por la fábrica a las equipos y máquinas que lo utilicen. Los actuadores neumáticos se dividen en 2 grupos: cilindros y motores, este último se utiliza para designar a una máquina que logra transformar la energía en trabajo mecánico. (Cerdán, 2018, p. 14)

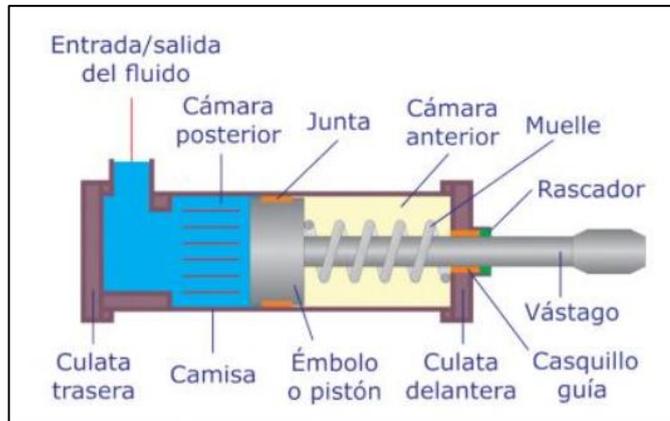
Los cilindros neumáticos son los que transforman la energía neumática en mecánica (movimiento rectilíneo), posee una carrera de avance y otra de retroceso. Existen dos tipos fundamentales:

- Cilindros de simple efecto: solo cuenta con una entrada de aire en el cual se produce una carrera de trabajo en un sentido. Un cilindro de simple efecto (Figura 12) se utiliza cuando el trabajo deba realizarse en un sólo 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”. (Cerdán, 2018, p. 14)

**Figura 12**

*Cilindro de simple efecto*

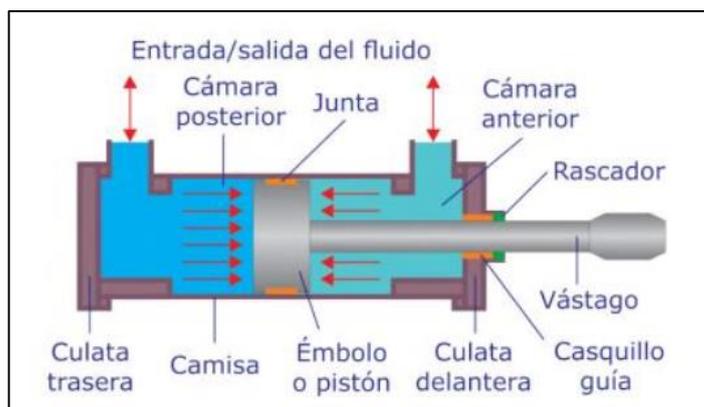


*Nota.* Adaptado de *Automatismos Neumáticos e Hidráulicos* (p.14), por Cerdá Luis, 2018, Ediciones Paraninfo S.A.

- Cilindros de doble efecto: Se les llama así por que utilizan ambas caras del émbolo (aire en las 2 cámaras), estos componentes logran realizar trabajo en ambos sentidos. Sus partes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeños cambios en su construcción, ver Figura 13. (Cerdán, 2018, p. 14)

**Figura 13**

*Cilindro de doble efecto*



*Nota.* Adaptado de *Automatismos Neumáticos e Hidráulicos* (p.14), por Cerdá Luis, 2018, Ediciones Paraninfo S.A.

**Celdas de carga:** Es un dispositivo que mide peso y lo convierte en una señal eléctrica. Se usan en la industria molinera para dosificar granos con un peso requerido, de manera precisa y rápida. (Corona et al, 2014, p. 217) A continuación, se detallan los tipos de carga según su configuración:

- Celda de columna: Su nombre proviene de su construcción interna y su principio de funcionamiento, ya que este se basa en una o más columnas que se comprimen por una fuerza exterior (Figura 14).

**Figura 14**

*Celda de columna*



*Nota.* Adaptado de *Sensores y Actuadores* (p. 217), por Corona et al, 2014, Grupo Editorial Patria S.A.

- Celda de viga: Se monta de tal manera que un extremo se mantiene fijo a una superficie plana y sobre el otro extremo libre se coloca la carga, con ayuda de galgas se mide la deformación cortante, como se puede observar en la Figura 15.

**Figura 15**

*Celda de viga*



*Nota.* Adaptado de *Sensores y Actuadores* (p. 217), por Corona et al, 2014, Grupo Editorial Patria S.A.

**Sensores:** Un sensor es un dispositivo de entrada y que siempre hace uso de un transductor. (Corona et al, 2014, p. 18) Se dividen en:

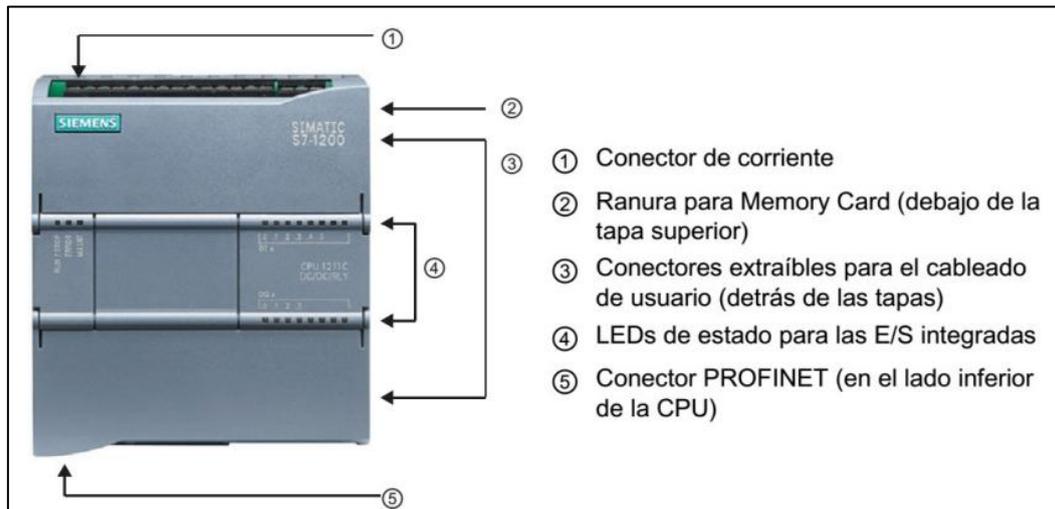
- **Sensores Inductivos:** Son aquellos que incorporan una bobina electromagnética la cual utilizan para detectar la presencia de un objeto metálico (conductor).
- **Sensores Capacitivos:** son similares a los inductivos, pero estos producen un campo electrostático en vez de un campo electromagnético. Además, detectan objetos metálicos y no metálicos como tela, papel, vidrio y líquidos.
- **Sensor Ultrasónico:** son aquellos sensores que solo trabajan en el aire, y pueden detectar objetos con distintas formas, colores, superficies y de diferentes materiales. (Corona et al, 2014, p. 21)

### **Parte de mando de la máquina ensacadora**

**Controlador lógico programable (PLC):** Un P.L.C. es un computador diseñado para la automatización industrial, partiendo desde el control de una máquina hasta un proceso industrial (Figura 16). Este controlador también permite proteger un proceso industrial, y realizar un monitoreo y diagnóstico de condiciones (accionando alarmas). Este monitoreo lo presenta en un HMI (Human-Machine Interface) o pantalla de operación, o un Sistema de Seguridad. (Molina et al, 2019, p. 20)

## Figura 16

### Partes de un PLC



*Nota.* Adaptado de Google Imágenes.

### Lenguaje de programación de los PLCs

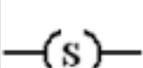
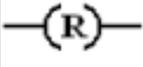
Los lenguajes de programación para este controlador aparecieron junto a al primer PLC en 1968, lo cual explica por qué no fueron utilizados los lenguajes de nivel más alto como Pascal y en su lugar, se emplean otros más simples y fáciles de entender, como:

- ✓ Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC).
- ✓ Diagrama de Bloques de Funciones (FBD).
- ✓ Diagrama de Tipo Escalera (LAD).
- ✓ Texto Estructurado (ST).
- ✓ Lista de Instrucciones (IL o STL). (Molina et al, 2019, p. 21)

El lenguaje LAD es muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que se basa en los esquemas eléctricos de control clásicos (Figura 17). Su ventaja principal son los símbolos básicos, que están normalizados según normas NEMA y se utilizan por todos los fabricantes. (Molina et al, 2019, p. 22)

**Figura 17**

*Simbología de lectura de escalera o Ladder*

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.

*Nota.* Adaptado de *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza – aprendizaje de electrónica* (p.23), por Molina et al, 2019, Editorial área de innovación y desarrollo S.L.

### **Sistema de Control**

Se considera un sistema para controlar algo variable de un valor particular, una secuencia de eventos o determinar si ocurre o no un evento. Así mismo un sistema se puede comprender como una caja negra que tiene una o varias entradas y una o varias salidas. Este sistema es de control solo si la salida se encuentra controlada y se pueda tomar un valor. (Molina et al, 2019, p. 26)

## **Elementos de un sistema de control automatizado**

Elementos que ayudaran a que el sistema sea automático, es decir el sistema de control no dependerá del operario y va a establecer los mejores valores para las señales de control. Para ello se contará con un valor fijo (set- point) dado por el operario, este dependerá del tipo de proceso y de las exigencias amerite. (Molina et al, 2019, p. 26)

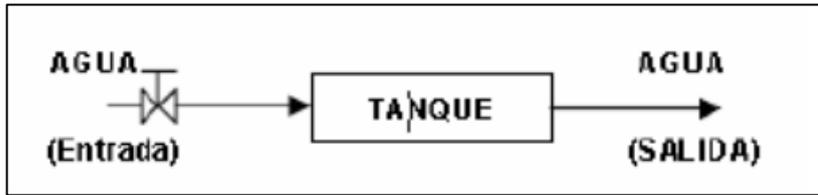
- **Sensores:** se trata de un dispositivo de entrada y que siempre hace uso de un transductor.
- **Transductor:** Dispositivo que forma parte de un sensor o de un actuador y que puede convertir una variable física en otra que tiene un predominio diferente.
- **Controlador:** Instrumento que colaciona el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación se calcula un error, para luego proceder a fin de corregir este error.
- **Actuador:** Es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y efectuar la acción de control.
- **Proceso:** este se refiere al equipo que se va a automatizar. (Molina et al, 2019, p. 27)

Existen dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y lazo cerrado. (Molina et al, 2019, p. 30)

- En un sistema de control de lazo abierto la salida no tiene efecto sobre la acción de control es decir no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Ejemplo: una lavadora, que tiene como funciones el remojo, el lavado y el centrifugado los cuales operan con un tiempo determinado y al término la máquina no mide la señal de salida (limpieza de la ropa), ver Figura 18. (Molina et al, 2019, p. 30)

**Figura 18**

*Sistema de lazo abierto*

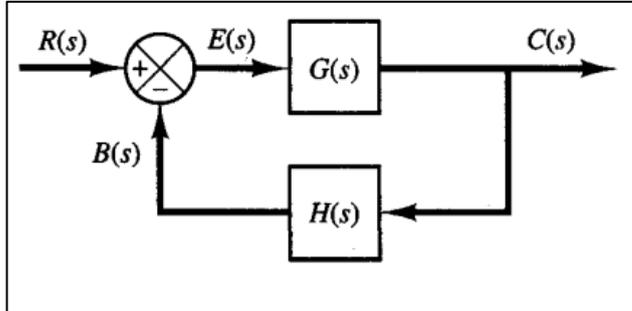


*Nota.* Adaptado de *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza – aprendizaje de electrónica* (p.30), por Molina et al, 2019, Editorial área de innovación y desarrollo S.L.

- El sistema de control de lazo cerrado alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la disimilitud entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de minimizar el error y convertir la salida del sistema a un valor deseado (Figura 19). (Molina et al, 2019, p. 31)

**Figura 19**

*Sistema de lazo cerrado*



*Nota.* Adaptado de *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza – aprendizaje de electrónica* (p.31), por Molina et al, 2019, Editorial área de innovación y desarrollo S.L.

A continuación, se presenta los cálculos respectivos para dimensionar y seleccionar los elementos que conforman la máquina ensacadora.

La tolva de almacenamiento consta de un cono truncado trunca y un cuerpo superior de forma cilíndrica. (Castro y Chaguamate, 2015, p. 38) La capacidad de la tolva fue diseñada para contener 3600 kg de arroz pilado.

### **Volumen requerido de la tolva**

$$V_r = \frac{m}{\rho} \quad (7)$$

Donde:

$V_r$ : Volumen requerido de la tolva de almacenamiento ( $m^3$ )

$m$ : Masa en ( $kg$ )

$\rho$ : Densidad del arroz en ( $kg/m^3$ )

### **Volumen del cono truncado**

$$V_c = \frac{h_1 \times \pi}{3} [R^2 + r^2 + (R \times r)] \quad (8)$$

Donde:

$V_c$ : Volumen del cono truncado ( $m^3$ )

$h_1$ : Altura del cono truncado ( $m$ )

$R$ : Radio superior del cono ( $m$ )

$r$  : Radio de salida del cono ( $m$ )

### **Volumen del cilindro**

$$V_t = V_r - V_c \quad (9)$$

Donde:

$V_t$ : Volumen del cilindro ( $m^3$ )

### **Altura del cilindro:**

$$h_2 = \frac{V_t}{\pi \times (R^2)^2} \quad (10)$$

Donde:

$h_2$ : Altura del cilindro ( $m$ )

### **Cálculo de la presión lateral y vertical de la parte cilíndrica**

#### **Presión lateral del cilindro**

$$P_z = P_{max} \times \left[ 1 - \left( \frac{h_2}{A} + 1 \right)^{-2} \right] \quad (11)$$

Donde:

$P_z$ : Presión lateral con respecto a la profundidad del cilindro ( $kgf/m^2$ )

$P_{max}$ : Presión máxima lateral ( $kgf/m^2$ )

$h_2$ : Altura del cilindro ( $m$ )

#### **Presión máxima**

$$P_{max} = \frac{\gamma \times D}{4 \tan(\varphi')} \quad (12)$$

Donde:

$\gamma$ : Densidad del material ( $kg/m^3$ )

$D$ : Diámetro del cilindro ( $m$ )

$\varphi'$ : Ángulo de fricción del material

#### **Abscisa característica**

$$A = \frac{Rh}{\tan(\varphi') \times \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_0}{2} \right)} - \frac{h_i}{3} \quad (13)$$

Donde:

$Rh$ : Radio hidráulico medio ( $m$ )

$\tan(\varphi')$ : Coeficiente de fricción del material

$\varphi_{rep}$ : Ángulo natural de reposo medio

$h_i$ : Altura del cono por encima del borde superior de la tolva ( $m$ )

### Radio hidráulico medio

$$Rh = \frac{D}{4} \quad (14)$$

### Altura del cilindro con el material almacenado

$$h_i = \frac{D}{2} \tan(\varphi_{rep}) \quad (15)$$

### Presión vertical que ejerce el material sobre el fondo

$$q_z = \gamma \left[ h_2 \left( \frac{h_2}{A} + 1 \right)^{-1} + \frac{h}{3} \right] \quad (16)$$

Donde:

$q_z$ : Presión vertical sobre el fondo a la altura  $h_2$

### Espesor de la parte cilíndrica

$$t = \frac{N \times P_z \times D}{2S_y n_s} \quad (17)$$

Donde:

$t$ : Espesor de la pared de la tolva ( $mm$ )

$N$ : Factor de seguridad

$S_y$ : Resistencia a la fluencia ( $MPa$ )

$n_s$ : Coeficiente de seguridad de soldadura

### Cálculo de la presión lateral y vertical de la parte cónica truncada

#### Presión vertical sobre el fondo del cono truncado

$$P_V = \frac{\rho \times Rh}{\tan(\varphi') \times K_j} \left[ 1 - e^{-\left(\tan(\varphi') \times \frac{K_j}{Rh}\right) \times Y} \right] \quad (18)$$

Donde:

$P_V$ : Presión vertical ( $KN/m^2$ )

$\rho$ : Densidad del arroz ( $kg/m^3$ )

$Rh$ : Radio hidráulico medio ( $m$ )

$tang(\varphi')$ : Coeficiente de rozamiento del arroz

$K_j$ : Constante de Janssen

$Y$ : Altura desde la superficie del material almacenado ( $m$ )

### Constante de Janssen

$$K_j = \frac{(1 - \sin \varphi')}{(1 + \sin \varphi')} \quad (19)$$

Donde:

$K_j$ : Constante de Janssen

### Presión horizontal

$$P_h = K_j \times P_v \quad (20)$$

### Presión normal de la tolva

$$P_n = P_v \times \cos(\lambda) \quad (21)$$

Donde:

$\lambda$ : Ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal

### Espesor de las láminas de acero

$$t_t = \frac{N * Pd_{t*}}{2S_Y * \cos(\lambda)} \quad (22)$$

### Cálculo de la presión lateral y vertical de los contenedores de dosificado

#### Volumen del contenedor

$$V_c = \left[ \frac{h}{3} (a^2 + b^2 + \sqrt{a \times b}) \right] + (a \times c \times d) + b \times e \times f \quad (23)$$

Donde:

$h$ : Altura de la pirámide truncada

$a$ : Lado de base mayor de la pirámide

$b$ : Lado de la base menor de la pirámide

$c$ : Altura del prisma superior

$d$ : Lado menor del prisma

$e$ : Lado mayor del prisma inferior

$f$ : Altura del prisma inferior

#### **Presión vertical sobre el fondo del contenedor**

$$P_V = \frac{\rho \times A_1}{U \times u \times K_j} [1 - e^{-(Y \times K_j \frac{U \times u}{A_1})}] \quad (24)$$

Donde:

$P_V$ : Presión vertical del contenedor ( $KN/m^2$ )

$\rho$ : Densidad del arroz ( $kg/m^3$ )

$A_1$ : Área superior del contenedor ( $m$ )

$u$ : Coeficiente de rozamiento del arroz

$U$ : Perímetro superior del contenedor ( $m$ )

$Y$ : Altura desde la superficie del material almacenado ( $m$ )

#### **Presión normal del contenedor**

$$P_n = P_{n3} + P_{n2} + \left( P_{n1} - P_{n2} \times \frac{x}{l_n} \right) \quad (25)$$

Donde:

$x$ : Distancia media de la longitud de la pared del contenedor ( $m$ )

$l_n$ : Longitud de la pared del contenedor ( $m$ )

$$P_{n1} = P_V(1.2(\cos \alpha)^2 + 1.5(\sin \alpha)^2) \quad (26)$$

Donde:

$\alpha$ : Ángulo de inclinación del contenedor

$$P_{n2} = P_V(1.2(\cos \alpha)^2) \quad (27)$$

$$P_{n3} = 3 \frac{A_1 \times \rho \times K_j}{U \times \sqrt{u}} \quad (28)$$

### **Cálculo de la fuerza requerida de los cilindros neumáticos**

$$F = A \times P \quad (29)$$

Donde:

$A$ : Área del cilindro neumático ( $mm^2$ )

$P$ : Presión de trabajo ( $bar$ )

### **Diámetro mínimo del vástago**

$$D_{min} = \sqrt{\frac{A \times 2}{\pi}} \quad (30)$$

### **Área de superficie del émbolo**

$$S = \frac{\pi}{4}(D^2) \quad (31)$$

Donde:

$D$ : Diámetro del émbolo ( $mm$ )

### **Área de superficie de vástago**

$$S' = \frac{(D^2 - d^2) \times \pi}{4} \quad (32)$$

Donde:

$d$ : Diámetro del vástago ( $mm$ )

### Consumo de aire del cilindro neumático

$$Q = (L \times S + L \times S') \times n \times R_c \quad (33)$$

Donde:

$L$ : Carrera del cilindro ( $mm$ )

$R_c$ : Relación de compresión

### Relación de compresión

$$R_c = \frac{101,3 \text{ kPa} + P_t}{101.3 \text{ kPa}} \quad (34)$$

Donde:

$P_t$ : Presión de trabajo ( $kPa$ )

### Diseño de las columnas de soporte para la tolva.

$$Q_T = P_2 + P_1 + Q_Z \quad (35)$$

$$Q_Z = \gamma * Ac \left[ Z + \frac{h}{3} - \frac{Z^2}{(Z + A)} \right] \quad (36)$$

Donde:

$P_2$ : Peso de la tolva y sus acoples en ( $kg$ )

$P_1$ : Peso que almacena la tolva en ( $kg$ )

$Q_Z$ : Carga que soporta la tolva

$\gamma$ : Densidad del arroz pilado

$A_c$ : Área transversal de la tolva

$Z$ : Altura de la parte cilíndrica de la tolva

$h$ : Altura del cono del material almacenado

$A$ : Abscisa característica

**Peso total de la tolva soportada por 4 columnas.**

$$Q_c = \frac{Q_T}{4} \quad (37)$$

**Cálculo y selección de la banda transportadora**

**Fuerza Tangencial  $F_u$  [N]**

$$F_U = \mu_T * g \left( m + \frac{m_\beta}{2} \right) + \mu_R * g \left( \frac{m_\beta}{2} + m_\beta \right) \quad (38)$$

Donde:

$\mu_T$ : Coeficiente de fricción para el movimiento sobre mesa

$g$ : Aceleración de la gravedad

$m_\beta$ : Masa de la cinta

$m$ : Masa del producto a transportar

$\mu_R$ : Coeficiente de fricción para el movimiento sobre el tambor

**Fuerza de tracción máxima de la banda  $F_1$  [N]**

$$F_1 = F_{1*} C_1 \quad (39)$$

Donde:

$F_{1*}$ : Fuerza de tracción máxima de la banda

$C_1$ : Factor de cálculo para recubriendo inferior del tambor

**Control del tipo de banda seleccionado**

$$\frac{F_1}{b_0} \leq C_2 \quad (40)$$

Donde:

$b_0$ : Ancho de la cinta transportadora

$C_2$  = Factor de cálculo 2

### **Elongación máxima de faja**

$$E_2 = E_{m\acute{a}x} * K_{1\%} \quad (41)$$

### **Diámetro mínimo del tambor motriz**

$$d_A = \frac{F_u * C_3 * 180^\circ}{600 * 180^\circ} \quad (42)$$

Donde:

$C_3$  = Factor de cálculo 3

### **Cálculo de la potencia motriz para accionar la faja transportadora**

#### ***RPM* del motor**

$$R_{PM} = \frac{V_T}{\pi * D} \quad (43)$$

Donde:

$V_T$  = velocidad de trabajo de la banda

$D$  = Diámetro del tambor motriz

### **Velocidad del trabajo**

$$V_T = \frac{S}{X} \quad (44)$$

Donde:

$S$  = desplazamiento del saco

$X$  = tiempo en que se demora en llenar un saco

### **Fuerza de fracción de la banda**

$$Z = [(Q + 2P) * F_w + M_p] * L + (P * H) \quad (45)$$

Donde:

$Q$  = Carga de saco de arroz ( $kg/m^2$ )

$P$  = Peso de la banda ( $kg/m^2$ )

$L$  = Longitud de la cinta transportadora ( $m$ )

$F_w$  = Coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la faja

$H$  = Variación de altura de la faja ( $m$ )

$M_p$  = Carga de producto acumulado

### **Carga de producto aculado ( $M_p$ )**

$$M_p = Q * F_p * n \quad (46)$$

Donde:

$F_p$  = Coeficiente de fricción entre el producto y la banda

$n$  = Cantidad de sacos acopiado en la banda

### **Fuerza de ajuste de tracción de la banda**

$$Z_p = Z * S_F \quad (47)$$

Donde:

$S_F$  = Coeficiente de servicio

### **Potencia teórica del motor**

$$P_m = \frac{Z_p * A * RPM}{6.12} \quad (48)$$

### **Potencia de entrada del motor**

$$N_E = \frac{N_a}{r} \quad (49)$$

Donde:

$N_a$  = Potencia teórica (hp)

$r$  = rendimiento

### **Velocidad de salida del reductor**

$$\omega = \frac{V_t}{r} \quad (50)$$

Donde:

$V_t$  = velocidad de trabajo de la banda

## Relación de Transmisión

$$i = \frac{n_e}{\omega} \quad (51)$$

Donde:

$n_e$  = velocidad de entrada disponible en el eje del motor (RPM).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Es una investigación aplicada

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

Es una investigación explicativa Pre Experimental de carácter transversal

#### **3.2. Variables y Operacionalización**

##### **Variable independiente**

✓ Diseño de la máquina ensacadora automatizada.

##### **Variable dependiente**

✓ Tiempo de producción de la máquina ensacadora de arroz pilado.

#### **3.3. Población, muestra y muestreo**

##### **3.3.1. Población**

Ensamadora de arroz pilado del departamento de Lambayeque.

##### **3.3.2. Muestra**

Máquina ensacadora automatizada del molino Latino SAC

##### **3.3.3. Muestreo**

La investigación se realizó mediante el muestreo no probabilístico – intencionado, puesto que la muestra se escogió por juicio propio del investigador.

##### **3.3.4. Unidad de análisis**

La empresa molinera Latino S.A.C.

### 3.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

En la Tabla 1 se presenta la técnica e instrumento de recolección de datos del cual se establece:

**Tabla 1**

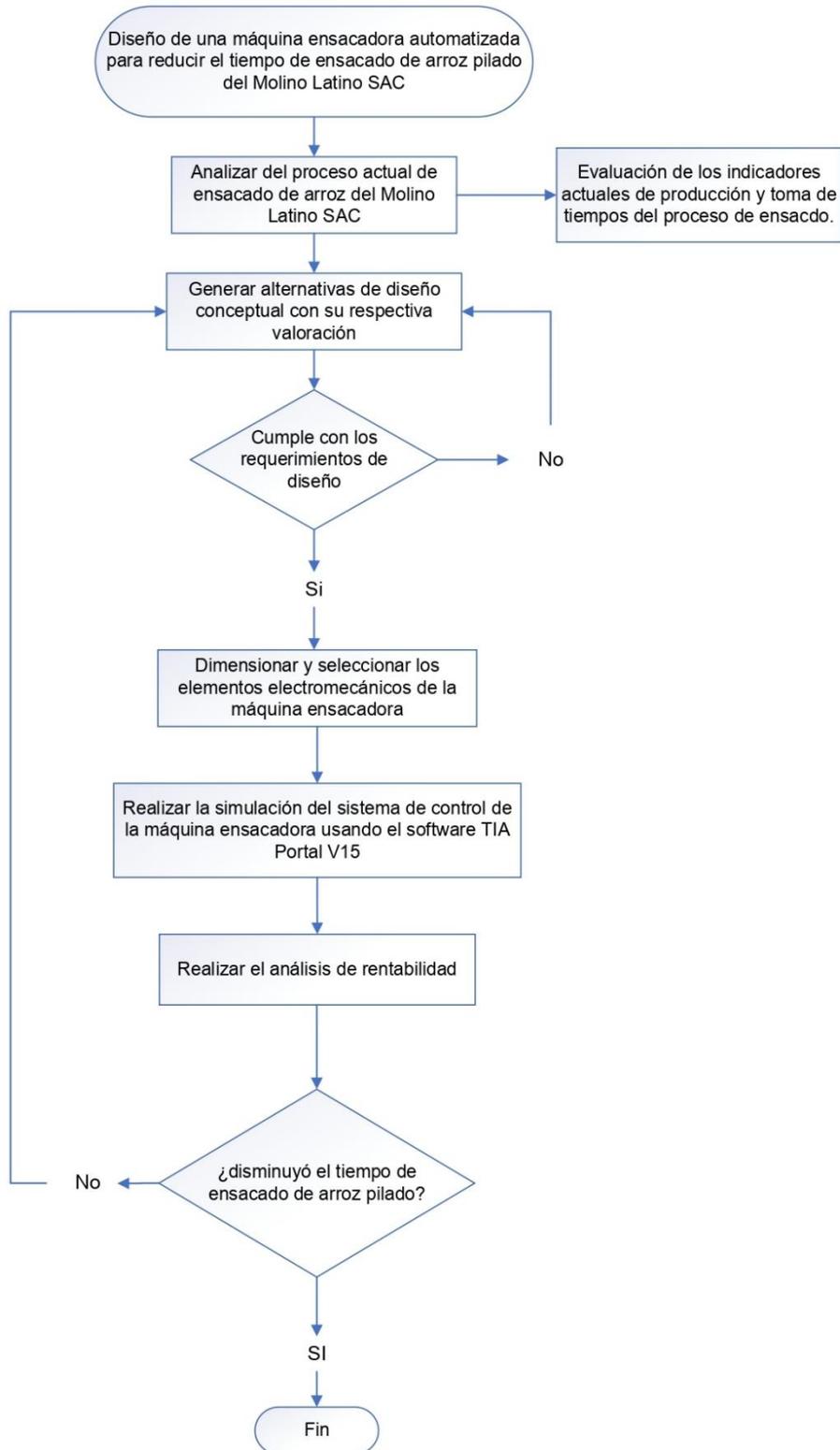
*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

1. TÉCNICAS	2. INSTRUMENTO	3. VALIDACIÓN
<b>Observación:</b> Se usó las herramientas diagrama de Gantt y diagrama Hombre-Máquina para la toma de tiempos del proceso de ensacado actual	Ficha de observación	Por asesor especialista

### 3.5. Procedimientos

**Figura 20**

*Diagrama de flujo de la investigación*



### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Se utilizó un análisis descriptivo haciendo uso de instrumentos de recolección como: fichas y/o datos técnicos recopiladas a partir de documentos e investigaciones; los cuales me permitió formular los requerimientos para el diseño de esta máquina e identificar el tiempo que demora el proceso de ensacado de arroz pilado al realizarse manualmente. Se empleó una matriz ponderada para el diseño conceptual y configuración de la máquina siguiendo la metodología de diseño y se aplicó los conocimientos de cálculo ingenieril existentes que garantizaron un diseño óptimo de la ensacadora de arroz pilado.

Para finalizar, el diseño y la simulación se realizó en los softwares SolidWorks y TIA Portal, donde se vio la reducción de tiempos en la etapa de ensacado.

### **3.7. Aspectos éticos**

En esta investigación se considera el código de ética de la universidad César Vallejo (resolución del consejo universitaria N 0126-2017/UCV). Con esto se deja por escrito que el estudio no se utilizará para causar ningún perjuicio a la empresa y se coordinará con ella directamente para la difusión de este proyecto cuando se necesite.

Así mismo se promueve el método científico con responsabilidad y honestidad para perseverar la precisión del conocimiento científico (artículo 1). También se cumple, que el contenido no tiene plagio alguno y se han seguido las normas de citar a los autores respectivos (artículo 6), se sigue la metodología explicada por el tutor del curso (artículo 7) y se autoriza de forma escrita la publicación de la presente investigación (artículo 14).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis del proceso actual de ensacado de arroz

#### Descripción de la empresa

La empresa Molino Latino SAC está dedicada al servicio de pilado y comercialización de arroz. Empezó sus actividades en el 2005 en la región Lambayeque, provincia de Ferreñafe (Figura 21). La empresa molinera tiene como RUC 20510871783, es un tipo de empresa sociedad anónima cerrada.

- **RUC:** 20510871783
- **Razón social:** Servicio Agrícola Latino S.A.C.
- **Tipo de empresa:** Sociedad Anónima Cerrada
- **Condición:** Activo
- **Fecha de inicio de actividades:** 01 de junio del 2005
- **Actividad Comercial:** Venta mayorista de productos
- **Ubicación:** Km 14 Carretera Chiclayo – Ferreñafe
- **Departamento:** Lambayeque

**Figura 21**

Ubicación del molino

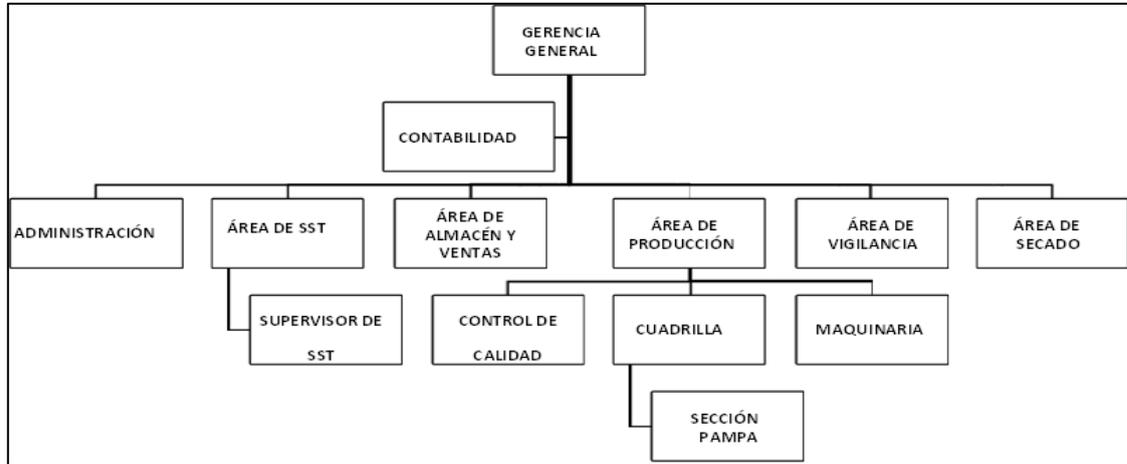


*Nota. Adaptado de Google Maps, 2022.*

## Organigrama de empresa

**Figura 22**

*Organigrama de empresa Molino Latino SAC*



*Nota.* Adaptado de *Molino Latino SAC*.

La empresa Molino Latino SAC cuenta con una alta dirección conformada por la gerencia general que es el área de la toma de decisiones y el área de contabilidad, que se encarga de la situación financiera de la empresa. Por debajo se encuentra la administración, que van de la mano con el área contable y al mismo nivel se encuentran las áreas de: SST, almacén y ventas, producción, vigilancia y secado.

### **Producto Principal**

El producto esencial que comercializa es el arroz blanco, originario de la región Lambayeque (Figura 23).

## Figura 23

### *Arroz Blanco*



*Nota:* Adaptado de la empresa *Molino Latino SAC*.

El producto que comercializa la empresa lo presenta en distintos envases de 50 kg, como se puede observar en la Tabla 2; existen 7 tipos de envases que se categorizan por 3 nombres comerciales: extra, superior y corriente. Su diferencia se basa en la calidad del grano, en el porcentaje de quebrado, tiza, mancha y blancura.

**Tabla 2**

*Tipos de envases de arroz pilado que comercializa la empresa*

MOLINO LATINO		PARÁMETROS DE CALIDAD				
		SERVICIO AGRÍCOLA LATINO S.A.C				
ENVASES	PRESENTACIÓN	NOMBRE COMERCIAL	% QUEBRADO	% TIZA	% MANCHA	% BLANCURA
Grano real azul		Extra	5	3	0.5	35
Grano real naranja			5	3	0.5	35
Polar azul glaseado			5	3	0.5	40

Arroz faraón naranja añejo		Extra	5	3	0.5	33-34
Valle ferreñafano azul			5	3	0.5	32-33
Arroz caballito feron		Superior	10	6	0.5	32-33
Consumo familiar		Corriente	16-17	8	0.5	32

Nota. Tomado de la empresa Latino S.A.C.

El precio y la utilidad por saco se muestran en la Tabla 3, estos precios recaudaron de la empresa. Cabe resaltar que el precio puede variar a lo largo del año, por la demanda y oferta del producto. Sin embargo, la utilidad se mantiene ya que el costo de material (arroz cáscara) es directamente proporcional al precio de venta del producto terminado.

**Tabla 3**

*Precio y utilidad de un saco de arroz- Molino Latino SAC*

<b>Datos recaudados de la empresa (Octubre 2022)</b>	
Precio de venta unid x saco	s/ 130.00
Utilidad bruta x kg	s/ 0.32
Utilidad bruta x saco	s/ 15.56

*Nota. Tomado de la empresa Molino Latino SAC*

### **Descripción del proceso productivo**

Una vez que el arroz ya ha completado el tiempo de almacenamiento requerido por la industria arrocera y tiene las propiedades para su procesamiento, el arroz ingresa a un proceso llamado molienda o también conocido como pilado. La cantidad de arroz blanco producido en este proceso determina el rendimiento del molino.

- ✓ **Recepción de arroz Paddy:** En esta etapa se vierte el arroz paddy en una tolva de almacenamiento, esta máquina se encuentra a las afueras del área de producción y ayuda a inyectar el arroz paddy hacia la siguiente etapa del proceso.
- ✓ **Secado Artesanal:** Se realiza el secado del arroz a la intemperie durante 48 horas, con la intención de disminuir su humedad en un 13.5% o 14%.
- ✓ **Pre - limpia:** Se separan todas las impurezas que hay entre el arroz paddy, mediante una zaranda vibratoria, con la intención de disminuir la cantidad de materiales sólidos (hojas, tierra, etc.).
- ✓ **Descascarado:** Etapa en la cual se separa el arroz blanco de la cáscara mediante una descascaradora de 2 rodillos que aplasta el grano.
- ✓ **Separación de la cáscara:** En esta etapa se realiza una selección del arroz

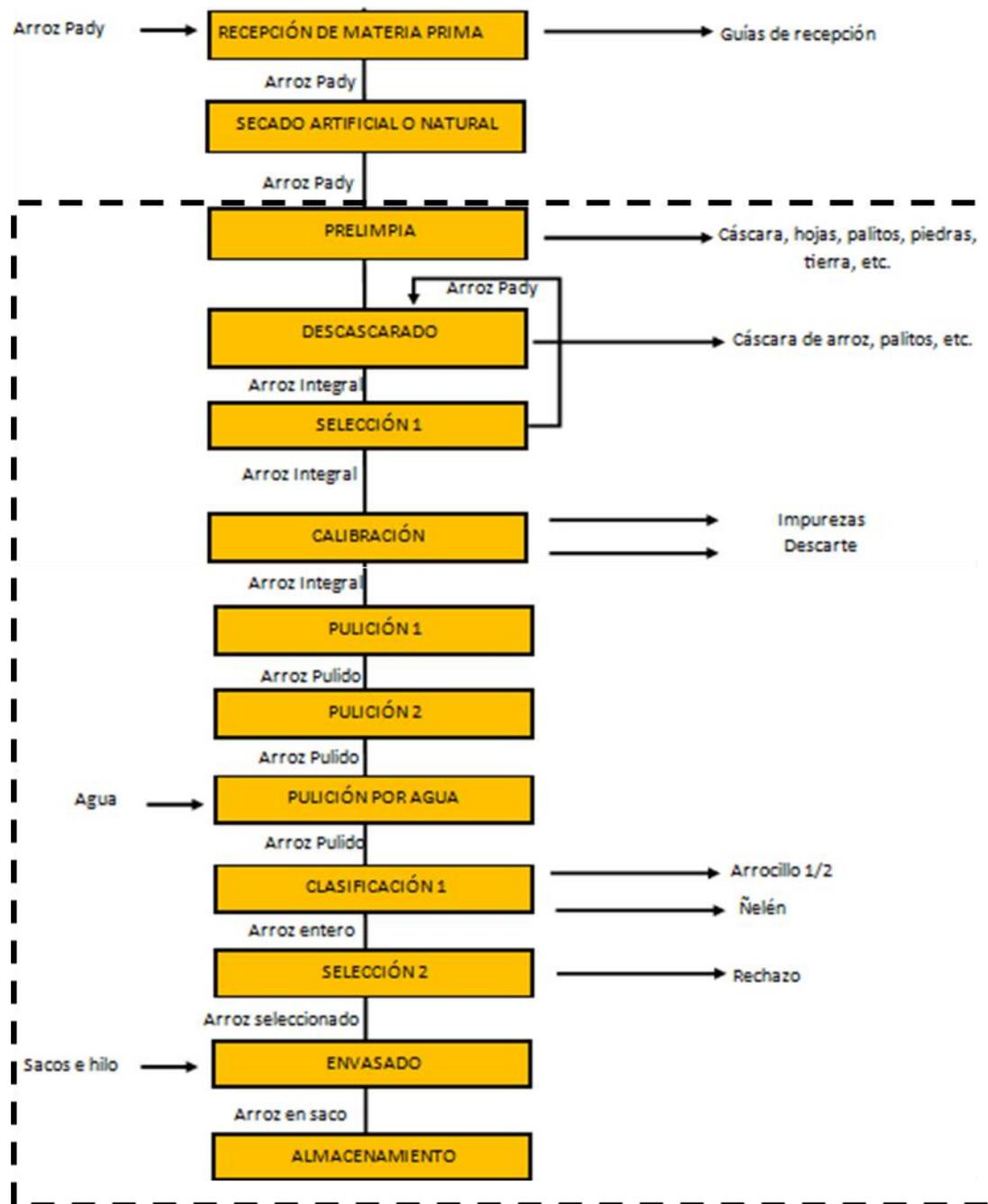
integral mediante una mesa paddy, escoge el arroz paddy (no descascarados) y los recircula a la etapa anterior.

- ✓ **Pulición:** Consta en pulir aún más el arroz mediante una pulidora de piedra, inyección de agua y aire comprimido, para blanquear el arroz y retirar cualquier rastro de la cáscara del arroz integral. Sale como un subproducto el polvillo.
- ✓ **Clasificación:** Etapa en la cual se separa el arroz  $\frac{3}{4}$  del arroz  $\frac{1}{2}$  denominado arrocillo, el cual es un subproducto más que la empresa vende, esto se realiza mediante una máquina clasificadora.
- ✓ **Selección:** Etapa en la que el arroz blanco ingresa a una máquina seleccionadora y se separa el arroz blanco normal del descarte. Al arroz se le agrega aceite de achiote y de cocina con la intención de darle mayor brillo y mejor acabado. La máquina de selección está conformada por un tambor giratorio que ayuda a jalar el producto final para su posterior envasado.
  - ✓ **Ensacado:** El arroz blanco pasa a ser envasado en sacos de 50 o 49 kg. Primero el operario coloca el saco en la boca de la tolva, luego apertura la compuerta que permite el flujo del producto hasta que el saco tenga el peso que se requiere, para verificar el peso correcto se usa una balanza digital. Finalmente se sella el saco con la máquina cocedora y está listo para ser almacenado

### **Diagrama de flujo del proceso de pilado de arroz**

**Figura 24**

*Proceso de pilado de arroz*



*Nota.* Tomado de la empresa *Latino S.A.C*

Como se puede observar en la Figura 24, las etapas que se encuentran en el recuadro guiñado son aquellas que se ejercen dentro del molino, de todas estas etapas la que se opera de forma manual es la del ensacado. Este proceso engloba tres fases:

- **Llenado del saco:** Inicialmente el operario coloca el saco en la boca de la tolva, seguidamente apertura la compuerta que permite el flujo del arroz y sostiene el saco hasta que este se llene (Figura 25).

### Figura 25

*Fase de llenado*



*Nota:* Tomado de la empresa *Latino S.A.C.*

- **Pesado:** En esta fase el operario pesa el saco utilizando una balanza electrónica y verifica el peso requerido (Figura 26).

## Figura 26

*Fase de pesado*



*Nota:* Tomado de la empresa *Latino S.A.C*

- **Cocido:** Ya llenado y pesado correctamente el saco, se pasa a cocer el saco utilizando la máquina cocedora, cabe recalcar que esta última fase conlleva un riesgo para el operario ya que la máquina no se encuentra fija en una estructura y es manipulada manualmente (Figura 27).

## Figura 27

*Fase de cocido*



*Nota.* Tomado de la empresa *Latino S.A.C*

## Indicadores actuales de producción

Se recaudó información de la producción mensual de la empresa, la cual está promediada en forma diaria desde julio del 2021 hasta octubre del 2022. Esto se visualiza en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Producción promedio por día del cereal*

AÑO	MES	ARROZ PADDY (kg/día)	ARROZ PILADO (SACOS/día)
2021	JULIO	152,233.91	1,701.00
2021	AGOSTO	150,128.92	1,648.00
2021	SETIEMBRE	154,389.00	1,767.00
2021	OCTUBRE	152,238.93	1,678.00
2021	NOVIEMBRE	150,858.95	1,605.00
2021	DICIEMBRE	153,714.07	1,706.00
2022	ENERO	153,553.92	1,683.00
2022	FEBRERO	152,439.07	1,664.00
2022	MARZO	150,899.04	1,640.00
2022	ABRIL	152,945.00	1,605.00
2022	MAYO	150,614.10	1,619.00
2022	JUNIO	150,249.08	1,520.00
2022	JULIO	150,549.09	1,530.00
2022	AGOSTO	153,664.03	1,649.00
2022	SETIEMBRE	153,579.03	1,648.00
2022	OCTUBRE	153,129.02	1,678.00
<b>Promedio</b>		<b>152,199.07</b>	<b>1,646.31</b>

*Nota.* Tomado de la empresa *Latino S.A.C*

### A) Productividad

Para calcular la productividad de materia prima se utilizó la Ecuación 2

- **Productividad de Materia Prima:**

$$P. \text{ materia prima} = \frac{82\,315.5 \text{ kg/día}}{152\,199.07 \text{ kg/día}} \times 100\% = 54\%$$

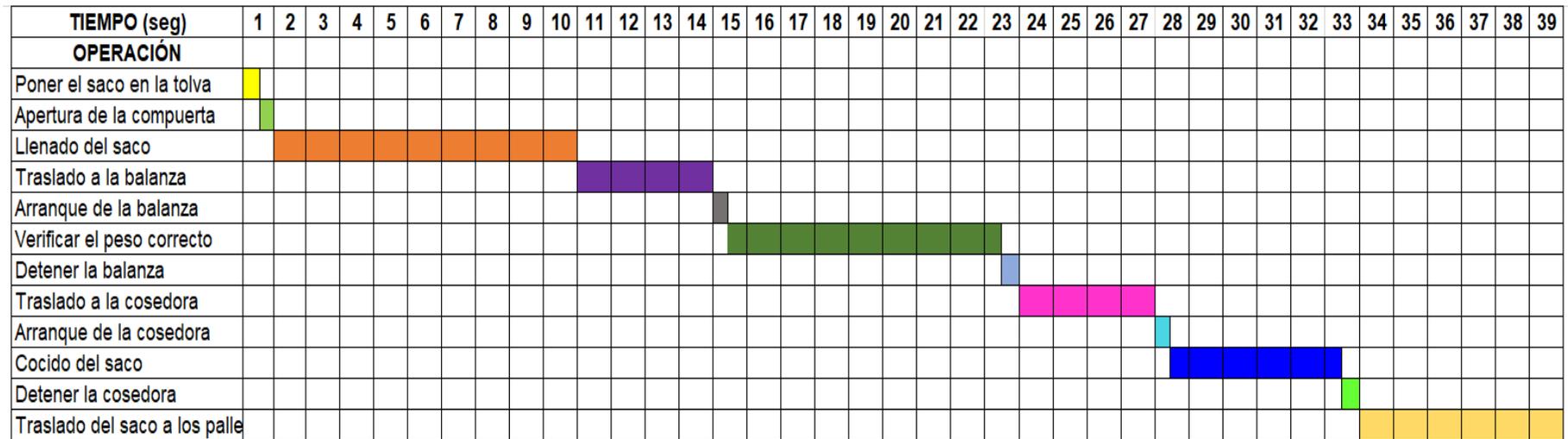
El porcentaje obtenido con respecto a la productividad de materia prima representa la relación que hay entre la cantidad diaria de arroz paddy (152 199.07 kg) para poder producir 82 315.5 kg de arroz pilado.

**B) Tiempo de ensacado**

- Diagrama de Gantt

**Figura 28**

*Diagrama de GANTT de la etapa de ensacado*



*Nota. Tomado de la empresa Latino S.A.C*

- **Diagrama HOMBRE – MÁQUINA**

**Tabla 5**

*Registro de los tiempos ociosos del proceso de ensacado*

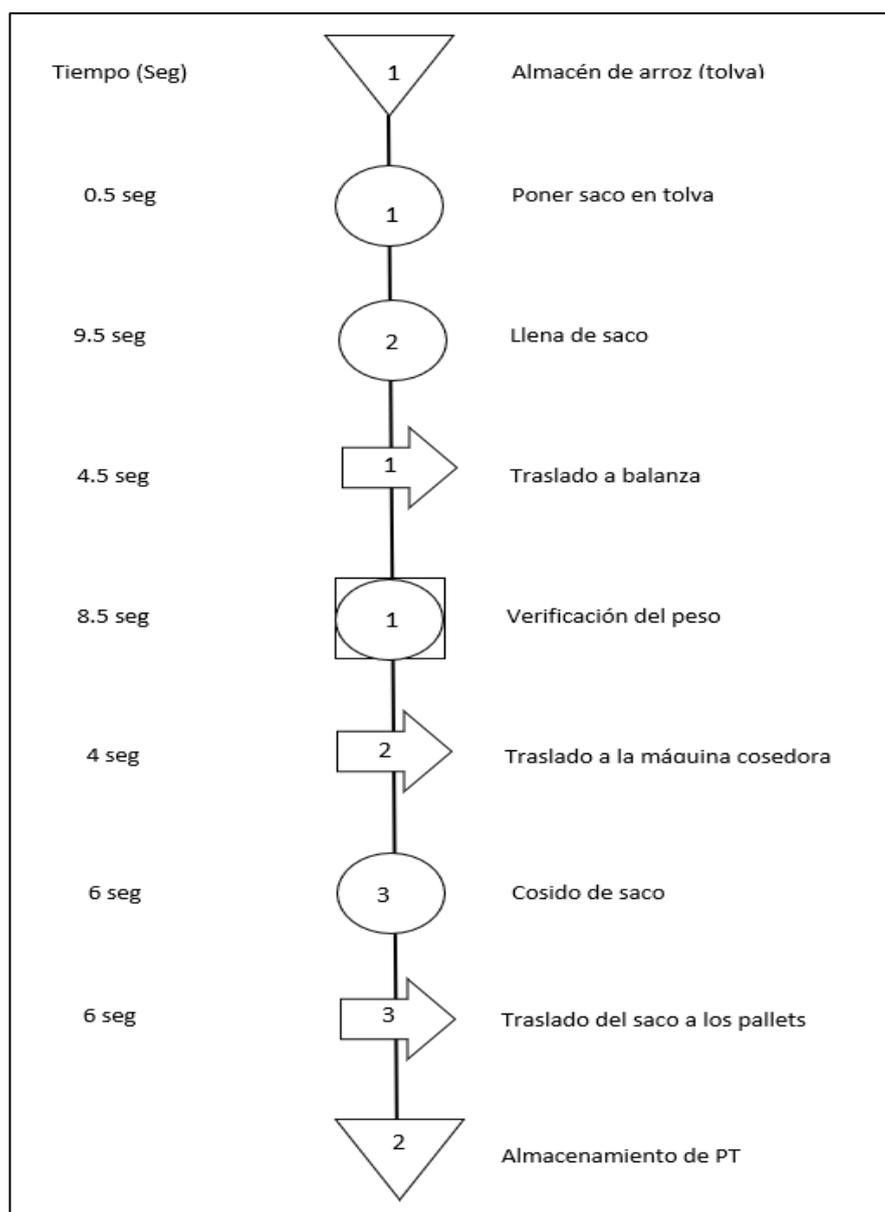
Operación: Ensacado				
Inicio de diagrama: Llenado del saco				
Fin de diagrama: Traslado del saco a los pallets				
Operario	Tiempo (seg)	Máquina llenado (Tolva)	Maquina pesado (Balanza)	Máquina Sellado (cosedora)
Poner el saco en la tolva	0.5	Trabajando -10.0	Tiempo ocioso - 14.0	Tiempo ocioso – 27.0
Apertura de la compuerta	0.5			
Llenado del saco	9.0			
Traslado a la balanza	4.0	Tiempo ocioso - 29	Trabajando- 9.0	
Arranque de la balanza	0.5			
Verificar el peso correcto	8.0			
Detener la balanza	0.5		Trabajando- 6.0	
Traslado a la cosedora	4.0			
Arranque de la cosedora	0.5			
Cocido del saco	5.0	Tiempo ocioso - 16.0	Tiempo ocioso – 6.0	
Detener la cosedora	0.5			
Traslado del saco a los pallets	6.0			
Tiempo de ciclo	39			

En la Tabla 5 se puede observar el diagrama hombre – máquina del proceso de ensacado que engloba: llenado, pesado y cosido de 1 saco con arroz pilado, estos datos se obtuvieron de forma directa haciendo uso de un

cronómetro y una ficha de apuntes. Los resultados arrojaron que la etapa de ensacado tiene un tiempo de ciclo de 39 segundos, mientras que los tiempos ociosos de la máquina de llenado, pesado y la máquina cosedora fueron 29, 30 y 33 segundos respectivamente, por lo cual se determinó que el proceso actual de ensacado no es eficiente. Para un mejor entendimiento se realizó un DAP (Figura 29).

**Figura 29**

*Diagrama de Análisis del proceso de ensacado (DAP)*



**Tabla 6***Resumen del Diagrama de Análisis del proceso de ensacado*

<b>RESUMEN</b>			
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIEMPO</b>
Operación	○	4	22"
Inspección	□	0	0"
Transporte	⇒	3	8.5"
Almacén	▽	2	0"
Combinada	◻	1	8.5"
<b>TOTAL</b>		<b>10</b>	<b>39"</b>

**C) Capacidad diseñada**

Para calcular la capacidad máxima teórica diseñada en la etapa de ensacado se tomó los tiempos normales que abarca este proceso. El tiempo base que se maneja en la empresa son de 2 turnos de 10 horas c/u y el tiempo promedio que toma ensacar un saco, según Tabla 6 es de 39 segundos.

$$\text{Capacidad diseñada} = \frac{\frac{20h}{\text{día}} \times \frac{3600s}{h}}{\frac{39 \text{ seg}}{\text{saco}}}$$

$$\text{Capacidad diseñada} = 1\ 846.15 \text{ sacos/días}$$

Los cálculos arrojan una capacidad máxima teórica de ensacado de 1846.15 sacos/día, sin embargo, actualmente la empresa tiene una producción promedio de arroz pilado de 1646.31 sacos/día, demostrando que el proceso actual de ensacado no es realizado de manera eficiente. Esto puede deberse por factores como: la distracción del operario o fatiga de este mismo.

**D) Capacidad ociosa:**

Para hallar la cantidad que no se está produciendo, se restó la capacidad diseñada menos la capacidad real.

Ecuación

$$\text{capacidad ociosa} = 1846.15 \text{ sacos/día} - 1646.31 \text{ sacos/día}$$

$$\text{capacidad ociosa} = 199.86 \text{ sacos/día}$$

### E) Utilización:

Para hallar la utilización se tomó la capacidad actual de ensacado como porcentaje de la capacidad diseñada de producción de la empresa.

Ecuación 3:

$$Utilización = \frac{1\,646.31 \text{ sacos/día}}{1\,846.15 \text{ sacos/día}} \times 100\% = 89\%$$

### F) Pérdida económica (S/):

Para hallar la pérdida económica diaria que significa la capacidad ociosa se multiplicó las unidades de sacos por el precio de venta.

$$Pérdida Económica = 199.86 \text{ sacos/día} * 15.56 \text{ soles/saco}$$

$$Pérdida Económica = 3\,109.82 \text{ soles/día}$$

La pérdida económica mensual se multiplicó la pérdida diaria por los 26 días laborables del Molino Latino SAC.

$$Pérdida Económica = 3\,109.82 \text{ soles/día} * 26 \text{ días/mes}$$

$$Pérdida Económica = 80\,855.36 \text{ soles/mes}$$

### Tabla 7

*Resumen de los indicadores actuales de producción*

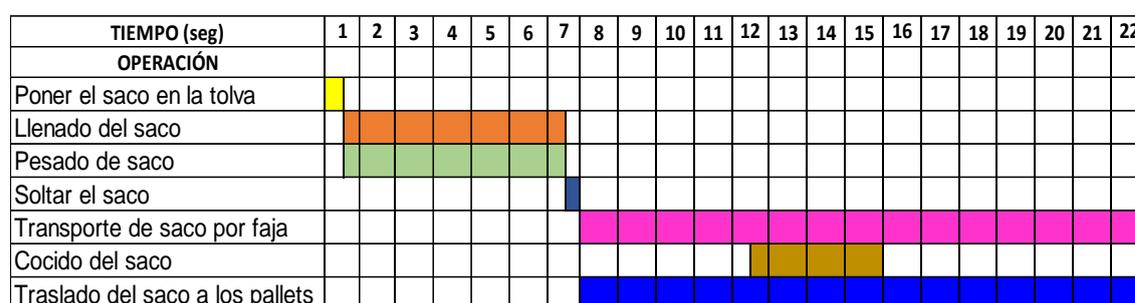
<b>INDICADOR</b>	<b>RESULTADO</b>
Productividad de materia prima	54%
Capacidad real	1 646.31 sacos/día
Capacidad diseñada	1 846.15 sacos/día
Capacidad ociosa	199.84 sacos/día
Tiempo de ensacado	39 segundos
Perdida (soles/mes)	S/ 80 855.36
Utilización	89%

## 4.2. Diseño conceptual del sistema de llenado

Primero se realizó el detalle operacional de la propuesta de solución para la problemática, donde se estandarizó los nuevos tiempos en la etapa de ensacado de arroz y así tener una mejor interpretación de cómo funcionará la máquina que se diseñará. Para ello utilizamos la herramienta diagrama de GANTT (Figura 30) y el diagrama hombre -Máquina (Tabla 8) mejorando las fases de llenado, pesado y cocido.

**Figura 30**

*Diagrama de GANTT con los nuevos tiempos para el diseño de la máquina*



**Tabla 8**

*Diagrama Hombre-Máquina mejorado*

Operación: Ensacado				
Inicio de diagrama: Poner el envase en el bocasaco tolva				
Fin de diagrama: Traslado del saco al pallet				
Operario	Tiempo (seg)	Máquina llenado (dosificador)	Máquina de transporte (faja)	Máquina de sellado (cocedora)
Poner el envase en el bocasaco	0.5			
Llenado y pesado del saco	6			
Soltar el saco	0.5	Trabajando-22.0	Trabajando-22.0	Trabajando-22.0
Transporte y cocido del saco	15			

Luego de realizar una exhaustiva búsqueda de información se logró determinar dos posibles diseños conceptuales. El fin es agregar una configuración que tenga la capacidad de reducir el tiempo de ensacado de manera óptima.

### **Alternativas de diseño para el sistema de dosificación**

#### **Concepto A:**

El concepto se basa en un dosificador de banda (Figura 31) modelo “DLV series” de la marca “Sautelma Rotolok”, cuya característica es que el llenado es controlado por una cinta transportadora, esta tiene la función principal del suministro continuo de material según el peso establecido. Cuenta con motor reductor conectado a un variador de velocidad que regula la velocidad de la banda según la carga requerida. Es utilizado para productos texturizados de flujo irregular como minerales, polvos, alimentos concentrados, harinas, etc.

#### **Ventaja:**

La ventaja de este diseño es que se puede realizar trabajos en alta y baja velocidad que se ajusta mediante un variador de velocidad.

#### **Desventaja:**

La desventaja que muestra el diseño, es que, para la necesidad de la empresa la máquina tiene un costo elevado y su tecnología es muy antigua.

### **Figura 31**

*Dosificador de banda*



*Nota. Adaptado de Sautelma Rotolok.*

## Concepto B

El concepto se basa en un dosificador de compuerta o por gravedad (Figura 32) modelo “DME/N” de la marca “DIMOPAC”, cuya característica es que el llenado es controlado por una báscula de envasado cuantitativo, puede controlar la alimentación lenta o rápida y detener la alimentación mediante computadora. Es utilizado para llenado grueso y llenado fino, en general todos los productos de buena fluidez por gravedad tales como: cereales, semillas, fertilizantes, plásticos, etc.

### Ventaja:

La ventaja de este diseño es que posee una tecnología más moderna, su sistema de pesaje es rápida, simple y conveniente. La precisión de pesaje de la báscula cuantitativa es muy alta y es más conveniente de usar si se quiere mantener la calidad del producto.

### Desventaja:

Al ser una máquina más compleja, su costo es más elevado y se requiere de personal calificado para su mantenimiento.

## Figura 32

*Dosificador de gravedad*



*Nota. Adaptado de DIMONT LTDA.*

## Alternativas de diseño para el sistema de cierre del bocasaco

### Concepto A

El diseño conceptual parte de un bocasaco de cierre positivo o tipo tubular (Figura 33). Se pueden usar para casi cualquier tamaño de bolsa, los diámetros de descarga varían desde 10cm a 30 cm y están diseñados para productos harinosos y polvosos. La sujeción del saco es realizada mediante mordazas que se accionan por dos cilindros neumáticos.

#### **Ventaja:**

La ventaja de este diseño es que el ajuste de la boca del saco es más hermético y su mantenimiento como; lubricación y limpieza accesible al operario.

#### **Desventaja:**

La desventaja es que el sistema de sujeción no es muy flexible y es más lento de operar.

### Figura 33

*Bocasaco de tipo tubular*



*Nota: Adaptado de DIMONT LTDA.*

### Concepto B

El diseño conceptual se basa en un bocasaco con mordazas de sujeción invertida o tipo almeja (Figura 34), son ideales para productos granulares, son menos herméticos que los de tipo de cierre positivo, son más fáciles y rápidos de operar, frecuentemente son utilizados en máquinas dúplex.

**Ventaja:**

La ventaja de este sistema es que es más flexible y rápido de operar y su mantenimiento como; lubricación y limpieza accesible al operario.

**Desventaja:**

La desventaja de este diseño es que el sistema de sujeción de la boca del saco es menos hermético.

**Figura 34**

*Bocasaco de tipo almeja*



*Nota: Adaptado de DIMONT LTDA.*

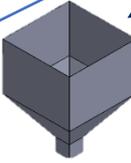
**Tabla 9***Resumen de las alternativas de diseño*

<b>Sistema</b>	<b>Concepto</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Sistema de dosificación	Dosificador de banda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El llenado es por medio de una banda transportadora.</li> <li>• Se utiliza para productos texturizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza trabajos en alta y baja velocidad.</li> <li>• Es controlado por un variador de frecuencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene un costo elevado.</li> <li>• su tecnología es muy antigua.<sup>8</sup></li> </ul>
	Dosificador por gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El llenado es controlado por una báscula de envasado cuantitativo.</li> <li>• Es utilizado para llenado grueso y llenado fino.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema de pesaje es rápida y precisa.</li> <li>• Mantiene la calidad del producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo elevado.</li> <li>• se requiere de personal calificado para su mantenimiento.</li> </ul>
Sistema de cierre del bocasaco	Bocasaco tipo tubular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideal para productos harinosos y polvosos.</li> <li>• Sujeción del saco es realizada mediante mordazas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El ajuste de la boca del saco es más hermético.</li> <li>• Mantenimiento accesible al operario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La sujeción no es muy flexible y es más lento de operar.</li> </ul>
	Bocasaco tipo almeja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideal para productos granulares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexible y rápido de operar.</li> <li>• Mantenimiento accesible al operario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La sujeción de la boca del saco es menos hermética.</li> </ul>

## Matriz morfológica

Tabla 10

Matriz morfológica

1	ALIMENTAR			
2	ALMACENAR			
3	TIPO DE DOSIFICACIÓN			
4	TIPO DE CIERE DEL BOCASACO			
5	MOVIMIENTO DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN			
7	TRANSPORTE DEL SACO			
8	SISTEMA DE COCIDO			

CONCEPTO DE SOLUCIÓN	TIPO DE LÍNEA
1	
2	
3	

### Conceptos de solución:

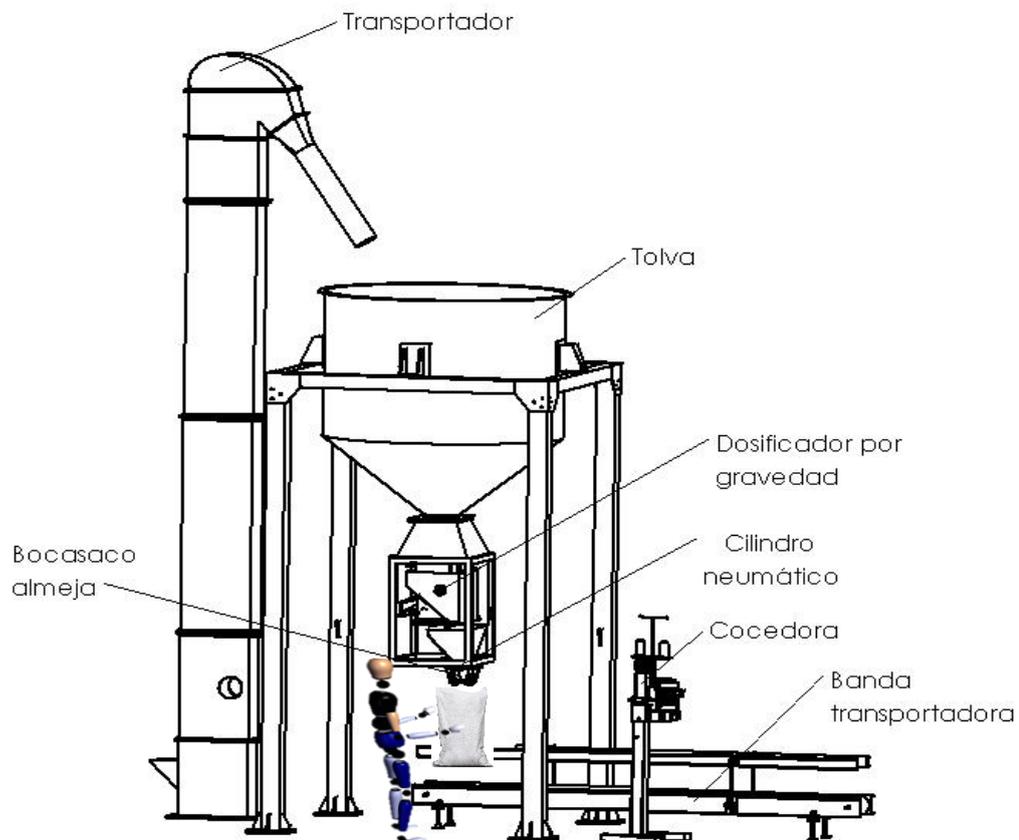
A continuación, se presentan los 3 conceptos de solución

#### ✓ Concepto de solución 1

Transportador, tolva de almacenamiento, dosificador de gravedad, bocasaco tipo almeja, cilindro neumático, banda transportadora, cocedora (Figura 35).

### Figura 35

*Diseño-concepto de solución 1*

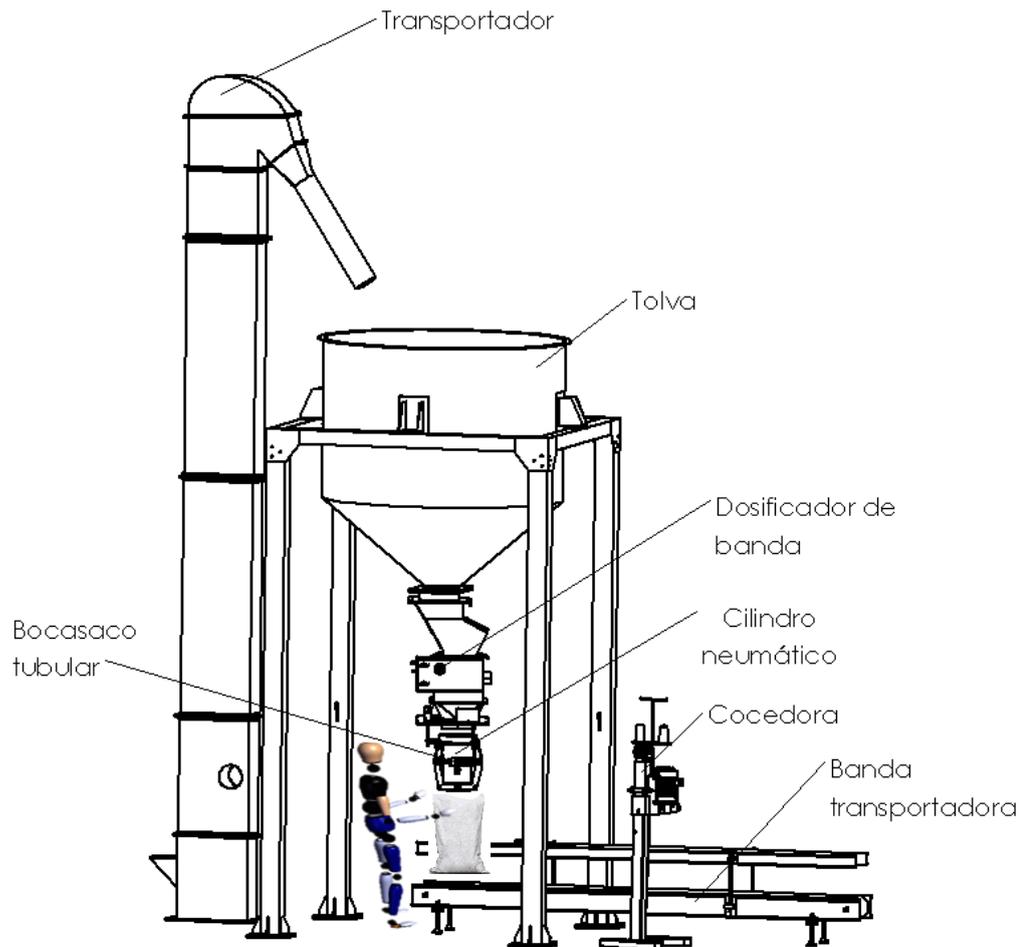


✓ **Concepto de solución 2**

Transportador, tolva de almacenamiento, dosificador de banda, bocasaco tipo tubular, cilindro neumático, banda transportadora, cocedora (Figura 36)

**Figura 36**

*Diseño-concepto de solución 2*

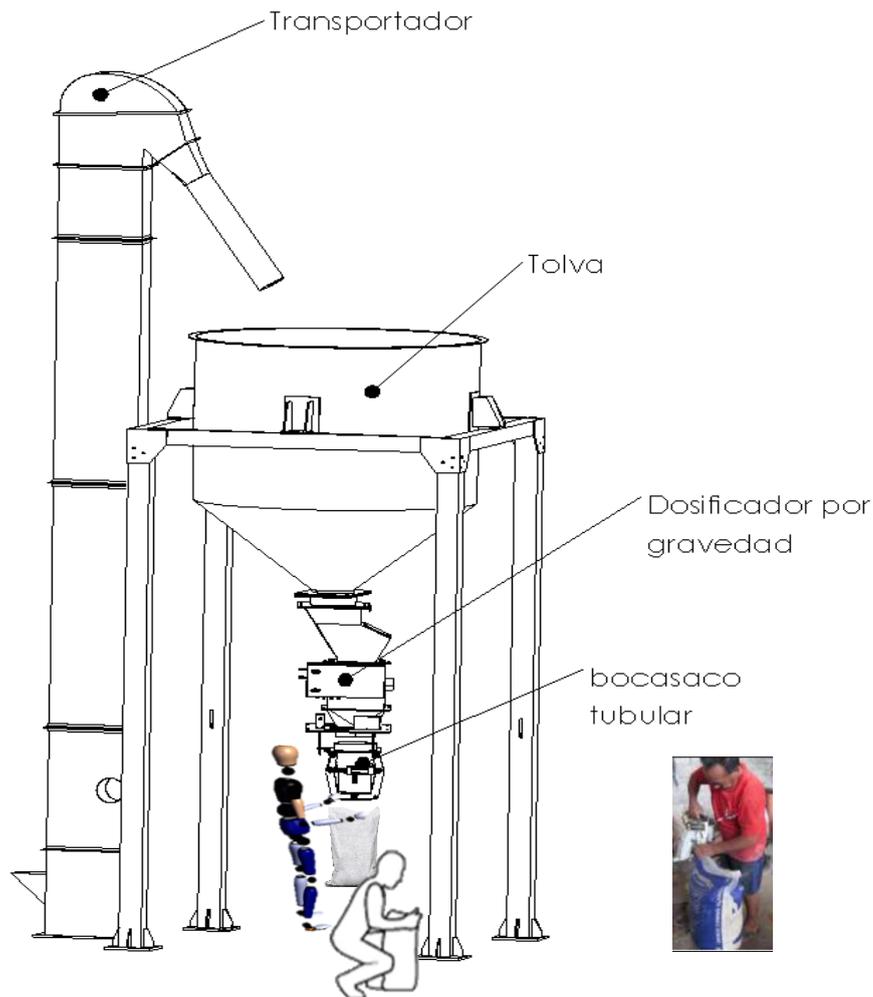


✓ **Concepto de solución 3**

Transportador, tolva de almacenamiento, dosificador por banda. bocasaco tipo tubular, cilindro neumático, desplazamiento y cocido del saco de manera manual (Figura 37)

**Figura 37**

*Diseño-concepto de solución 3*



### Tamizado del concepto solución óptimo

Luego de generado los conceptos alternativos de la maquina se evaluaron en una matriz de criterios ponderados la cual se puede apreciar en la Tabla 11. Se tomaron en consideración los siguientes criterios para su evaluación:

- Eficiencia: Este criterio nos ayuda a evaluar la eficiencia como también la calidad del grano de arroz pilado de cada rotor con respecto al proceso de ensacado.
- Potencia: Se considero este criterio ya que se evalúa la potencia que se ejerce con cada elemento.

- **Mantenimiento:** Se considero este criterio ya que es necesario evaluar la facilidad del acceso al realizar un correcto mantenimiento o cambio de los componentes críticos.
- **Costo:** El criterio avalúa el costo total de la fabricación de esta máquina, siendo de gran importancia ya que tiene que estar a un precio accesible y permitiendo evaluar el costo al cliente.

La matriz de selección es una técnica en la cual nos permite evaluar las distintas alternativas, se examina criterios que son evaluados de acuerdo a la importancia para el diseño, además se otorga valores porcentuales y numéricos. La finalidad es facilitar en la toma de la decisión más optima posible a la solución del problema.

**Tabla 11**

*Matriz de valores ponderados para la selección optima de la configuración*

Criterios	Ponderado (%)	Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3	
		P	VP	P	VP	P	VP
Eficiencia	35	4	1.4	2	0.7	1	0.35
Potencia	35	2	0.7	4	1.4	2	0.7
Mantenimiento	20	3	0.6	2	0.4	3	1.05
Costo	10	3	0.3	1	0.1	3	0.3
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>2.6</b>	<b>9</b>	<b>2.4</b>
<b>Posición</b>		<b>1°</b>		<b>2°</b>		<b>3°</b>	

<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>
Insatisfecho	1
Poco satisfecho	2
Satisfecho	3
Muy satisfecho	4

En la Tabla 11, se realizó la matriz de selección ponderada en función de los criterios mencionados anteriormente, la cual nos permitió determinar que la configuración 1 es la más óptima para el diseño. Esto debido a que presenta un fácil acceso al mantenimiento y una muy buena eficiencia.

#### **4.3. Cálculo y selección de los elementos electromecánicos de la ensacadora.**

A continuación, se procede a realizar los cálculos para el diseño mecánico y selección de los diferentes componentes que conforman la máquina ensacadora, tomando como datos base: la densidad del arroz  $716.6 \text{ kg/m}^3$  y una capacidad de almacenamiento de 3600kg en su contenedor.

##### **Dimensionamiento de la tolva.**

La tolva que almacena arroz pilado consta de un cilindro y un cono truncado, las dimensiones del cono truncado se basaron en la tolva que tiene actualmente la empresa en el área de ensacado. Los diámetros superiores y de salida son de 2m y 0.30m respectivamente (Figura 38).

##### **Cálculo del volumen.**

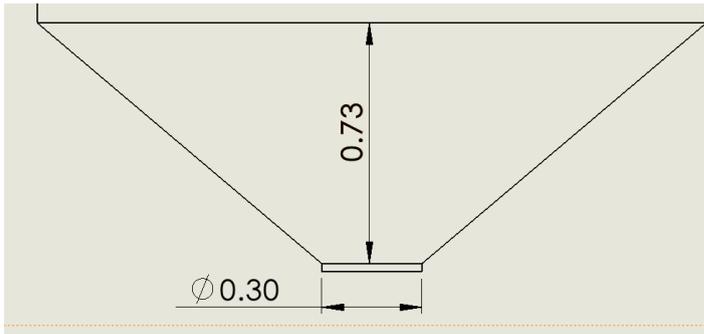
Para el volumen requerido de la tolva se utilizó la Ecuación (7)

$$V_r = \frac{3600 \text{ kg}}{716,6 \text{ kg/m}^3} = 5.02 \text{ m}^3$$

Con la ecuación (8) se calculó el volumen del cono truncado:

##### **Figura 38**

*Dimensiones del cono truncado*



$$V_c = \frac{0.73 \times \pi}{3} [1^2 + 0.15^2 + 1 \times 0.15]$$

$$V_c = 0.9m^3$$

Volumen del cilindro dada por la Ecuación (9) tenemos:

$$V_t = 5.02 - 0.9$$

$$V_t = 4.12m^3$$

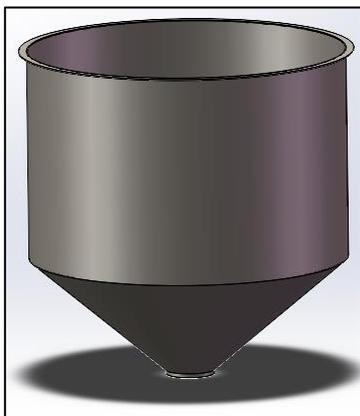
Reemplazamos  $V_t$  en la Ecuación (10) para hallar la altura del cilindro:

$$h_2 = \frac{4.12m^3}{\pi \times (1m)^2}$$

$$h_2 = 1.31m$$

**Figura 39**

*Diseño preliminar del contenedor*



**Cálculo de la presión lateral y vertical de la parte cilíndrica**

La tolva de almacenamiento tiene dos partes; parte cilíndrica y parte cónica como como se muestra en la Figura anterior. Los cálculos se basaron en el método matemático de M. Reimbert y A. Reimbert.

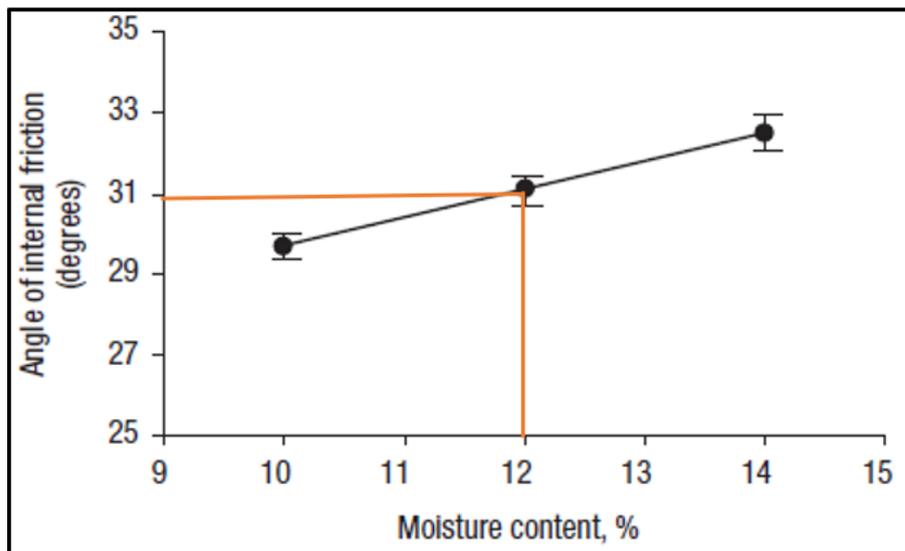
Se determina la presión lateral de la parte cilíndrica utilizando la Ecuación (11). Se debe tener en cuenta que, para hallar la presión sobre el fondo del cilindro se calculó primero la presión máxima y la abscisa característica con las Ecuaciones (12) y (13) respectivamente:

$$P_{max} = \frac{716.6kg/m^3 * 2m}{4tang(\varphi')}$$

El ángulo de fricción  $\varphi'$  se obtuvo del estudio realizado por H. Kibar, T. Öztürk y B. Esen, donde analizaron las propiedades mecánicas de arroz en diferentes porcentajes de humedad (Figura 40).

**Figura 40**

*Ángulo de fricción interno del arroz*



*Nota.* Adaptado de *The effect of moisture content on physical and mechanical properties of rice* (p. 745), por Kibar et al, 2010.

Remplazando en la Ecuación (12) se obtiene:

$$P_{max} = \frac{716.6 \text{ kg/m}^3 * 2\text{m}}{4 \text{tang}(31^\circ)}$$

$$P_{max} = 596.16 \text{ kgf/m}^2$$

Hallamos la abscisa característica con la Ecuación (13)

$$A = \frac{Rh}{\text{tang}(31^\circ) \times \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{rep}}{2}\right)} - \frac{h_i}{3}$$

Determinamos el radio hidráulico ( $Rh$ ) mediante la Ecuación (14)

$$Rh = \frac{2}{4}$$

$$Rh = 0.5\text{m}$$

El ángulo natural de reposo medio ( $\varphi_{rep}$ ) se obtuvo de la figura 41.

#### Figura 41

Ángulos de reposo del arroz

Material	$\phi_{rep}$ promedio [°]
Azúcar	35.5
Arena (pasa T16 retiene T30)	35.8
Arroz	36.3

**Nota.** Tomado de *Angulo de fricción crítico y ángulo de reposo de la arena del Guamo* (p.17), D & Lizcano, 2008, Épsilon.

Para el arroz se tiene un ángulo de reposo de 36.3°

La altura del cono del material almacenado, se halló con la Ecuación (15)

$$h_i = \frac{2}{2} \tan(36.3^\circ)$$

$$h_i = 0.73\text{m}$$

Teniendo los datos se procedió a calcular la abscisa característica de la Ecuación (13).

$$A = \frac{0.5m}{\tan(31^\circ) \times \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{36.3^\circ}{2}\right)} - \frac{0.73m}{3}$$

$$A = 3m$$

Finalmente se determinó la presión lateral de la parte cilíndrica con la Ecuación (11).

$$P_z = 596.16 \text{ kg/m}^2 \times \left[ 1 - \left( \frac{1.31m}{3m} + 1 \right)^{-2} \right]$$

$$P_z = 307.32 \text{ kgf/m}^2$$

Para calcular la presión vertical sobre el fondo, se usó la Ecuación (16)

$$q_z = 716.6 \text{ kg/m}^3 \left[ 1.31m \left( \frac{1.31m}{3m} + 1 \right)^{-1} + \frac{0.73m}{3} \right]$$

$$q_z = 827.79 \text{ kgf/m}^2$$

### **Espesor de la parte cilíndrica**

El material a utilizar es el acero AISI 304 (Anexo B), ya que tiene muy buenas propiedades mecánicas y químicas por ser un acero inoxidable ferrítico, como, por ejemplo: es resistente a la corrosión, oxidación, presión, etc.

Para el cálculo del espesor se consideró el límite de fluencia del acero  $S_y = 220 \text{ MPa}$ , un factor de seguridad  $N = 10$  y un coeficiente de seguridad de soldadura a tracción de 1,6 (Anexo C).

Por lo tanto, utilizando la Ecuación (17) se tiene:

$$t = \frac{10 \times 307,32 \text{ kgf/m}^2 \times 2m}{2 \times 220 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 1,6}$$

$$t = 0.087mm$$

### **Cálculo de la presión lateral y vertical de la parte cónica truncada**

Para efectuar el cálculo de la presión vertical y horizontal del cono truncado se basó en la teoría de Janssen con la ecuación (18). Primero se tiene que tener como dato la constante de Janssen ( $K_j$ ) y la altura desde la superficie del material almacenado ( $Y$ ) que es de 2.04m.

Para determinar  $K_j$  usamos la Ecuación (19)

$$K_j = \frac{(1 - \sin 31^\circ)}{(1 + \sin 31^\circ)}$$

$$K_j = 0.32$$

Reemplazando en la Ecuación (18) se tiene:

$$P_V = \frac{716.6 \text{ kg/m}^3 \times 0.5\text{m}}{\tan(31^\circ) \times 0.32} [1 - e^{-(\tan(31^\circ) \times \frac{0.32}{0.5\text{m}}) \times 2.04\text{m}}]$$

$$P_V = 1013.08 \text{ kgf/m}^2$$

Con la Ecuación (20) se calculó la presión horizontal.

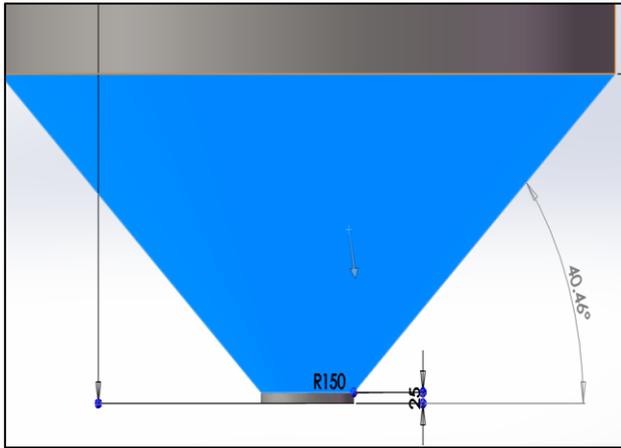
$$P_h = 0.32 \times 1013.08 \text{ kgf/m}^2$$

$$P_h = 324.2 \text{ kgf/m}^2$$

Para hallar la presión normal al cono truncado se determinó con la Ecuación (21) y el ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal se obtuvo con ayuda del Software SolidWorks (Figura 42).

### **Figura 42**

*Ángulo de la pared con respecto a la horizontal*



Reemplazamos el ángulo obtenido en la Ecuación (21)

$$P_n = 1013.08 \text{ kgf/m}^2 \times \cos(40.46)$$

$$P_n = 770.51 \text{ kgf/m}^2$$

Por último, se calculó el espesor de las láminas de acero para la parte cónica truncada, se usó las mismas propiedades mecánicas del acero AISI 304.

Reemplazando en la Ecuación (22) se tuvo:

$$t_t = \frac{10 \times 1013.08 \text{ kgf/m}^2 \times 2\text{m}}{2 \times 220 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times \cos(40.46^\circ) \times 1.6}$$

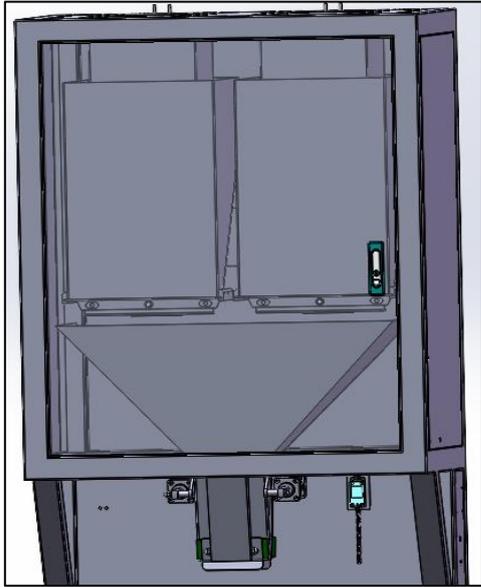
$$t_t = 0.28 \text{ mm}$$

### **Cálculo y diseño del dosificador por gravedad**

El dosificador es el encargado de realizar la operación de llenado del saco, está compuesto por dos contenedores que se encargaran de almacenar 50 kg de arroz cada uno. Dentro de los contenedores se incorporó dos células de carga que tendrán la función de realizar el pesaje requerido y de enviar señales al sistema para que las compuertas de ingreso y salida del flujo del material se aperturen. Las compuertas de entrada del producto se abrirán con ayuda de cilindros neumáticos a igual que las compuertas de salida. También se diseñó una tolva descarga final de forma de pirámide truncada y para la sujeción del saco se diseñó un bocasaco de tipo almeja (Figura43)

### Figura 43

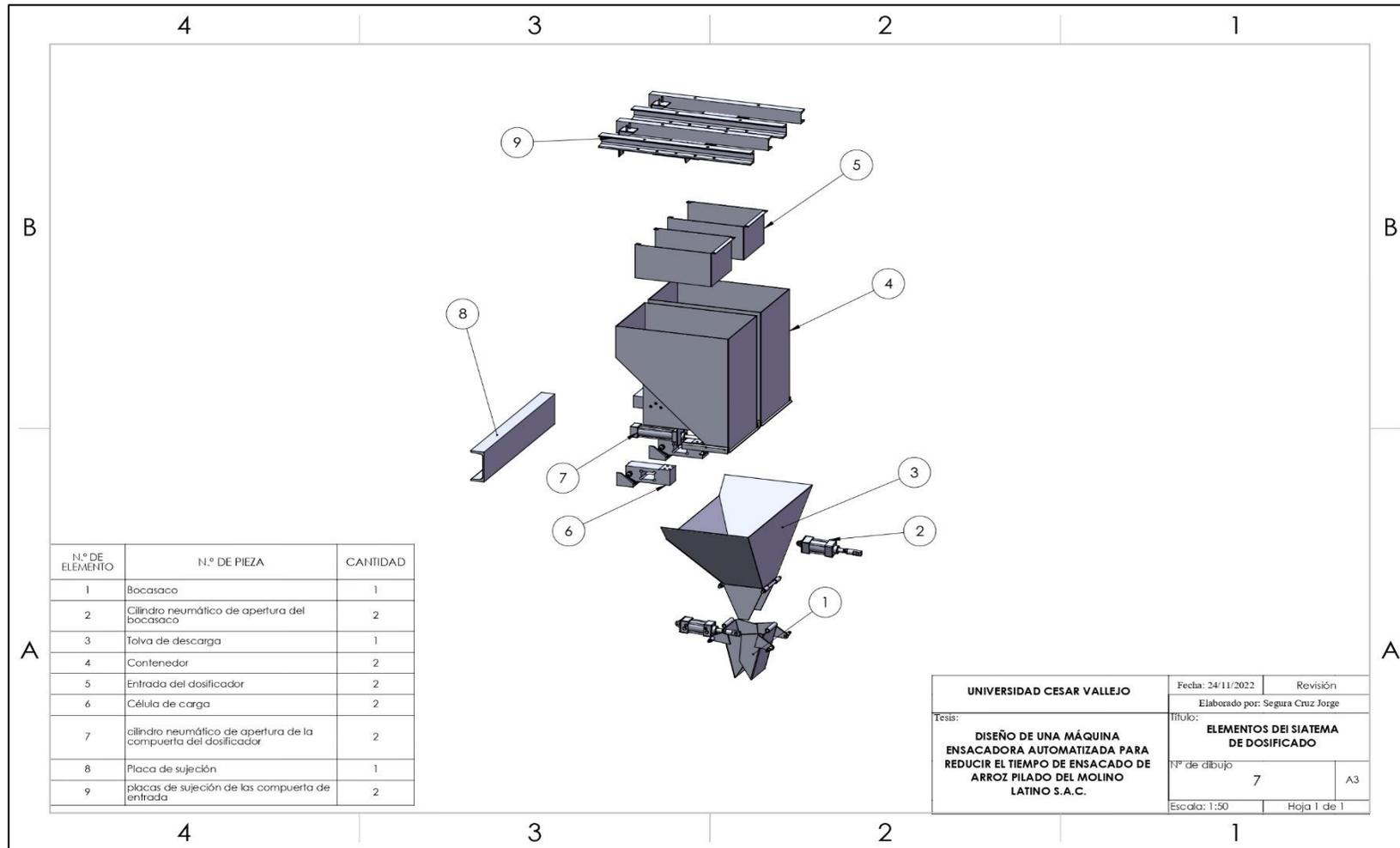
*Vista frontal del diseño preliminar del dosificador*



En la Figura 44 se puede observar los principales elementos que conforman el dosificador por gravedad

**Figura 44**

*Vista explosionada de los elementos del dosificador*



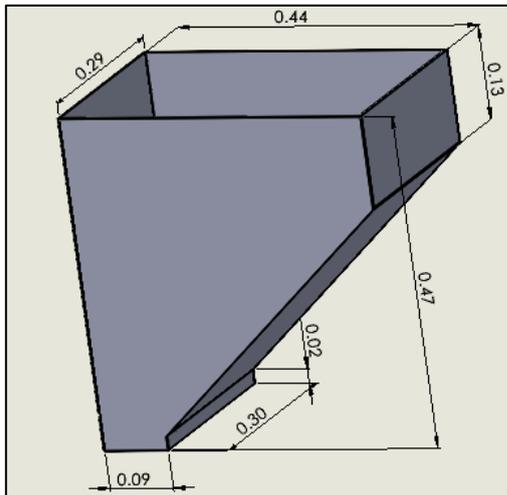
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	Fecha: 24/11/2022	Revisión
	Elaborado por: Segura Cruz Jorge	
Tesis:	Título:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA ENSACADORA AUTOMATIZADA PARA REDUCIR EL TIEMPO DE ENSACADO DE ARROZ PILADO DEL MOLINO LATINO S.A.C.	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DOSIFICADO	
	Nº de dibujo: 7	A3
	Escala: 1:50	Hoja 1 de 1

## Cálculo de los contenedores de dosificado

Las dimensiones de ambos contenedores serán las mismas, ya que los dos almacenarán 50 kg de arroz. En la Figura 45 se muestran sus dimensiones:

**Figura 45**

*Vista geométrica del contenedor*



Para calcular el volumen se empleó la ecuación (23).

$$V_c = \left[ \frac{0.34}{3} (0.44^2 + 0.09^2 + \sqrt{0.44 \times 0.09}) \right] + (0.44 \times 0.29 \times 0.13) + 0.09 \times 0.30 \times 0.02$$

$$V_c = 0.063 \text{ m}^3$$

## Cálculo de la presión lateral y vertical del contenedor de dosificado

Para efectuar el cálculo de la presión vertical y horizontal del contenedor de dosificado se basó en la teoría de Janssen con la ecuación (23). Primero se tiene que tener como dato la constante de Janssen ( $K_j$ ) y la altura desde la superficie del material almacenado ( $Y$ ) que es de 0.47m. Cabe recalcar que son dos contenedores, pero como ambos tienen las mismas dimensiones, análisis se le hará a uno.

Para determinar  $K_j$  usamos la Ecuación (19)

$$K_j = \frac{(1 - \sin 31^\circ)}{(1 + \sin 31^\circ)}$$

$$K_j = 0.32$$

Reemplazando en la Ecuación (23) se tiene:

$$P_v = \frac{716.6 \text{ kg/m}^3 \times 0.13 \text{ m}^2}{1.46 \text{ m} \times 0.32 \times 0.6} \left[ 1 - e^{-(0.32 \times 0.34 \times \frac{1.46 \times 0.6}{0.13 \text{ m}^2})} \right]$$

$$P_v = 172.68 \text{ kgf/m}^2$$

Con la ecuación (20) se calculó la presión horizontal.

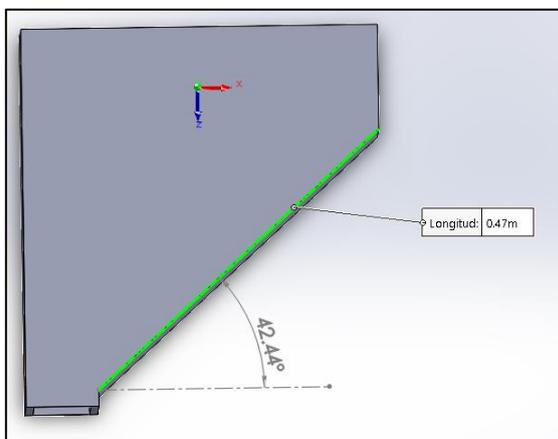
$$P_h = 0.32 \times 172.68 \text{ kgf/m}^2$$

$$P_h = 55.26 \text{ kgf/m}^2$$

Para hallar la presión normal al cono truncado se determinó con la ecuación (26) y el ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal se obtuvo con ayuda del Software SolidWorks (Figura 46).

#### Figura 46

*Vista de lateral del contenedor*



$$X = \frac{0.47}{2} = 0.24 \text{ m}$$

Reemplazando en las Ecuaciones se tiene:

Ecuación (26):

$$P_{n_1} = 172.68 \text{ kgf/m}^2 \times (1.2(\cos 42.44^\circ)^2 + 1.5(\sin(42.44))^\circ)^2$$

$$P_{n_1} = 230.81 \text{ kgf/m}^2$$

Ecuación (27):

$$P_{n_2} = 1.2 * 172.68 \text{ kgf/m}^2 \times (\cos 42.44^\circ)^2$$

$$P_{n_2} = 112.85 \text{ kgf/m}^2$$

Ecuación (28):

$$P_{n_3} = 3 * \frac{0.13 \text{ m}^2 \times 716.6 \text{ kgf/m}^3 \times 0.32}{1.46 \text{ m} * \sqrt{0.6}}$$

$$P_{n_3} = 79.08 \text{ kgf/m}^2$$

Por lo tanto, se tiene una presión normal de:

$$P_n = 79.08 \text{ kgf/m}^2 + 112.85 \text{ kgf/m}^2 + (230.81 \text{ kgf/m}^2 - 112.85 \text{ kgf/m}^2)$$

$$P_n = 395.66 \text{ kgf/m}^2$$

Por último, se calculó el espesor de las láminas de acero para el contenedor, se usó el mismo acero AISI 304

Reemplazando en la Ecuación (22) se tuvo:

$$t_t = \frac{10 \times 172.68 \text{ kgf/m}^2 \times 0.73}{2 \times 220 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 1,6 \times \cos(42.44)}$$

$$t_t = 0.024 \text{ mm}$$

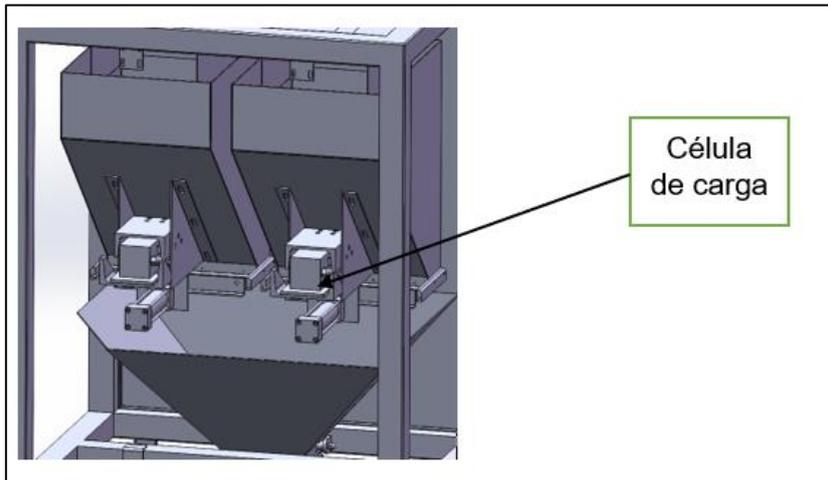
### **Diseño del sistema de pesaje**

El sistema de pesaje está compuesto por dos células de carga que están fijadas en los contenedores de dosificado, estas tienen la función principal de realizar el pesaje de los sacos de arroz de 50 kg (Figura 47). A medida que el saco se va llenando las células de carga envían señales a los cilindros neumáticos, para que estos accionen el cierre de las compuertas de carga y descarga. Una vez alcanzado el peso requerido las mordazas de sujeción soltarán el saco para que

continúe con el llenado del siguiente saco. Cabe recalcar que se diseñó dos contenedores de dosificado para que el llenado del saco sea rápido, mientras uno se va descargando el otro se va llenando con el producto.

### Figura 47

*Sistema de pesaje de la máquina ensacadora*



Se utiliza dos celdas de carga tipo viga de corte, las cuales tienen un rango de medición máxima de 100 kg, las especificaciones se encuentran en el Anexo D

### **Cálculo y selección de los cilindros neumáticos del bocasaco**

Para hallar la fuerza requerida por el émbolo del cilindro es necesario conocer la fuerza que va a sostener, en este caso sostendrán sacos de 50 kgf. Teniendo en cuenta que serán dos cilindros la fuerza se reparte en 25kgf para cada cilindro neumático con una presión de 8 bar. Se recomienda dimensionarlo con una fuerza mayor a la requerida, para así evitar fallas que puedan ocurrir en un futuro.

Aplicando la ecuación (29):

$$A = \frac{30 \text{ kgf}}{8.16 \text{ kgf/cm}^2}$$

$$A = 368 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, sustituimos en la Ecuación (30) para obtener el diámetro mínimo del vástago.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{368mm^2 \times 2}{\pi}}$$

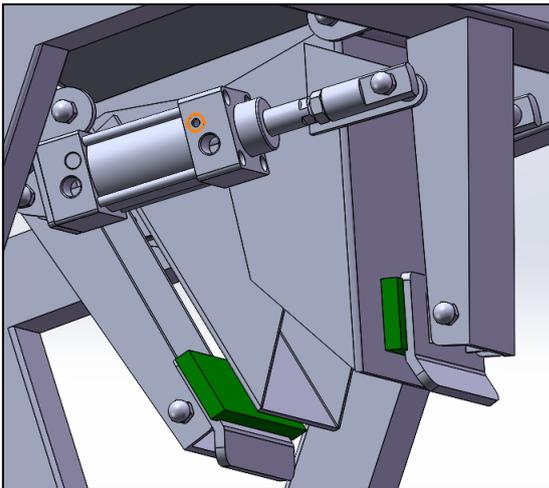
$$D_{min} = 15.31mm$$

Se determinó que los cilindros a utilizar sean de doble efecto ya que es necesario que no solo abran el bocasaco si no que presionen el saco en ambos sentidos con la estructura del dosificador, para así evitar que el saco se corra (Figura 48). Además, se estableció que tengan una carrera de 25 mm.

Con los datos obtenidos se seleccionó los cilindros neumáticos de 40X25mm de la marca A.r.t modelo CA50025 (Anexo E). En la figura 49 se muestra las especificaciones del cilindro.

**Figura 48**

*Vista del bocasaco*



**Figura 49**

*Especificaciones del cilindro neumático de doble efecto*

Diámetro del émbolo	40mm	
Diámetro del vástago	16mm	
Carrera	25mm	
Presión	8 bar	

**Cálculo del consumo de aire de los cilindros neumáticos del bocasaco**

Ecuación (31).

$$S = \frac{\pi}{4} \times (40mm)^2$$

$$S = 1256.64 \text{ mm}^2$$

Ecuación (32)

$$S' = \frac{((40mm)^2 - (16mm)^2) \times \pi}{4}$$

$$S' = 1055.58 \text{ mm}^2$$

Con la Ecuación (33) hallamos el consumo del aire. Pero primero se tiene que obtener la relación de compresión con la ecuación (34).

$$R_c = \frac{101,3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101.3 \text{ kPa}}$$

$$R_c = 8.90$$

Por lo tanto, reemplazamos en la Ecuación (33) y se obtiene:

$$Q = (25mm \times 1256.64 \text{ mm}^2 + 25mm \times 1055.58 \text{ mm}^2) \times 12 \text{ c/min} \times 8.90$$

$$Q = 6797926.8 \text{ mm}^3 / \text{min} = 6.8 \text{ l/min}$$

Como se utilizarán dos cilindros neumáticos, entonces el consumo de aire será de 13.6 l/min.

### **Cálculo y selección de los cilindros neumáticos de las compuertas de carga y descarga**

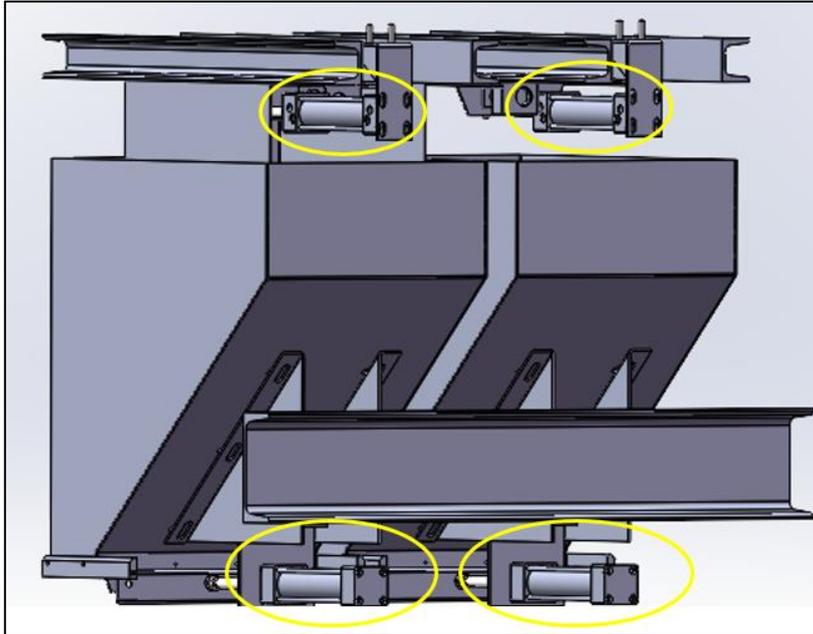
Para el cierre y apertura de las compuertas se seleccionó cilindros de doble efecto que estarán fijos en el punto de entrada y salida de los contenedores de dosificado, así como se muestra en la Figura 50. Además, se tuvo en cuenta el ancho de la apertura de salida de los contenedores para determinar la carrera del cilindro.

En la figura 45 se puede observar que la boca de descarga del contenedor tiene un ancho de 90mm, por lo tanto, se determinó una carrera de 100mm para el cilindro. Se seleccionó los cilindros neumáticos de 32X100mm de la marca A.r.t

modelo CA32100 (Anexo E). Las especificaciones del cilindro se muestran en la Figura 51.

**Figura 50**

*Vista interna de la ubicación de los cilindros neumáticos*



**Figura 51**

*Especificaciones del cilindro neumático para las compuertas*

Diámetro del émbolo	32mm	
Diámetro del vástago	12mm	
Carrera	100mm	
Presión	8 bar	

**Cálculo del consumo de aire de los cilindros neumáticos de las compuertas**

Ecuación (31).

$$S = \frac{\pi}{4} \times (32mm)^2$$

$$S = 804.25mm^2$$

Ecuación (32)

$$S' = \frac{((32mm)^2 - (12mm)^2) \times \pi}{4}$$

$$S' = 691.15 \text{ mm}^2$$

Reemplazamos en la Ecuación (33).

$$Q = (100mm \times 804.25 \text{ mm}^2 + 100mm \times 691.15 \text{ mm}^2) \times 12 \text{ c/min} \times 8.90$$

$$Q = 15970872 \text{ mm}^3/\text{min} = 15.97 \text{ l/min}$$

Como se utilizarán cuatro cilindros neumáticos, entonces el consumo de aire será de 63.88 l/min.

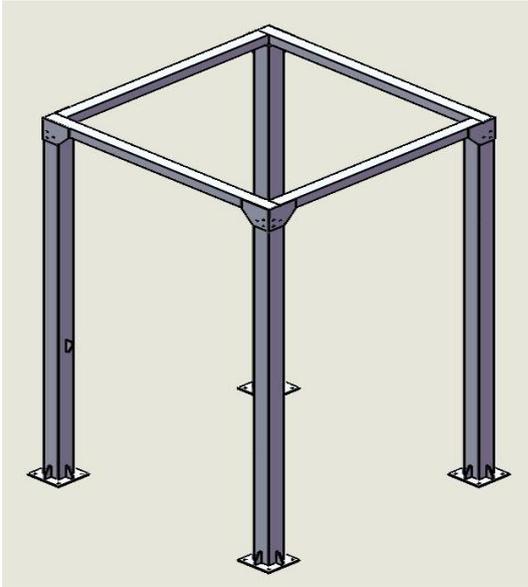
Finalmente se tiene un consumo de aire total de 77.48 l/min, pero como en todo sistema neumático existen pérdidas se consideró un consumo de un 20% más del resultado, teniendo un consumo final de 92.98 l/min. El compresor seleccionado se puede visualizar en el Anexo F.

### **Diseño de las columnas de soporte para la tolva y dosificador.**

La tolva de almacenamiento y el dosificador está soportada por 4 columnas metálicas de forma rectangular como se puede visualizar en la Figura 52. La estructura de soporte deberá resistir las cargas de los elementos de la máquina ensacadora y el producto almacenado.

### **Figura 52**

*Soporte de la tolva de almacenamiento y el dosificador*



Sobre la estructura se generan dos cargas: cargas de todos los elementos de la máquina ensacadora denominado como  $P_2$  y las cargas que genera el peso del producto almacenado en la tolva como  $P_1$ .

Se calculó el peso causado por la presión vertical del arroz almacenado con la Ecuación (36).

Donde:

$$\gamma: 716.6 \text{ kg/m}^3$$

$$h: 0.73\text{m}$$

$$Z: 1.31\text{m}$$

$$A: 3\text{m}$$

$$A_c: \text{¿?}$$

$A_c$  que es el área transversal de la parte cilíndrica se determinó de la siguiente manera:

$$\frac{\pi \times 2^2}{4} = 3.14 \text{ m}^2$$

Teniendo todos los datos reemplazamos la Ecuación (36):

$$Q_z = 716.6 \text{ kg/m}^3 \times 3.14 \text{ m}^2 \left[ 1.31 \text{ m} + \frac{0.73 \text{ m}}{3} - \frac{(1.31 \text{ m})^2}{(1.31 \text{ m} + 3 \text{ m})} \right]$$

$$Q_z = 2599.27 \text{ kgf/m}^2$$

Por lo tanto, se calculó el peso total de la máquina que es la sumatoria de los elementos de la ensacadora, el peso del producto almacenado y la presión vertical. Sustituyendo en la Ecuación (35) se obtiene:

$$Q_T = 592.44 \text{ kgf/m}^2 + 3600 \text{ kgf/m}^2 + 2599.27 \text{ kgf/m}^2$$

$$Q_T = 6791.71 \text{ kgf/m}^2$$

Toda la maquina ensacadora pesa 66.63 KN, pero como la estructura de soporte tiene 4 columnas, la carga se distribuye en cada columna.

Ecuación (37)

$$Q_c = \frac{66.63 \text{ KN}}{4} = 16.66 \text{ KN}$$

Finalmente se tiene como resultado que capa perfil de la estructura soportará una carga de 16.66 KN.

### **Diseño del sistema de transporte del saco**

El sistema de transporte brindará la facilidad al operario de llevar los sacos con dirección lineal hacia la máquina cosedora y al punto de paletizado. Consta de una faja transportadora horizontal que estará ubicada debajo del dosificador como punto inicial y finalizará en el punto de paletizado.

El movimiento de la faja será accionado por un motor eléctrico, teniendo en cuenta el torque mínimo para mover sacos con arroz de 50 kg y el límite de velocidad impuesta por el fabricante.

### **Determinación de los parámetros principales de la faja transportadora**

Para el diseño estructural de la faja transportadora, se tiene las siguientes especificaciones:

- ✓ Ancho de la faja: 0.4m
- ✓ Longitud de del sistema: 3m

- ✓ Longitud geométrica la banda ( $L_g$ ): 5.82m
- ✓ Radio del tambor: 0.05m
- ✓ Angulo de contacto: 180°
- ✓ Especificaciones del saco de arroz (Tabla12)

**Tabla 12**

*Especificaciones del envase con producto*

VARIABLE	VALOR	UNID
Masa	50	Kg
Ancho	50	Cm
Espesor	20	Cm
Altura	86	Cm
Densidad del producto	716.6	Kg/m <sup>3</sup>

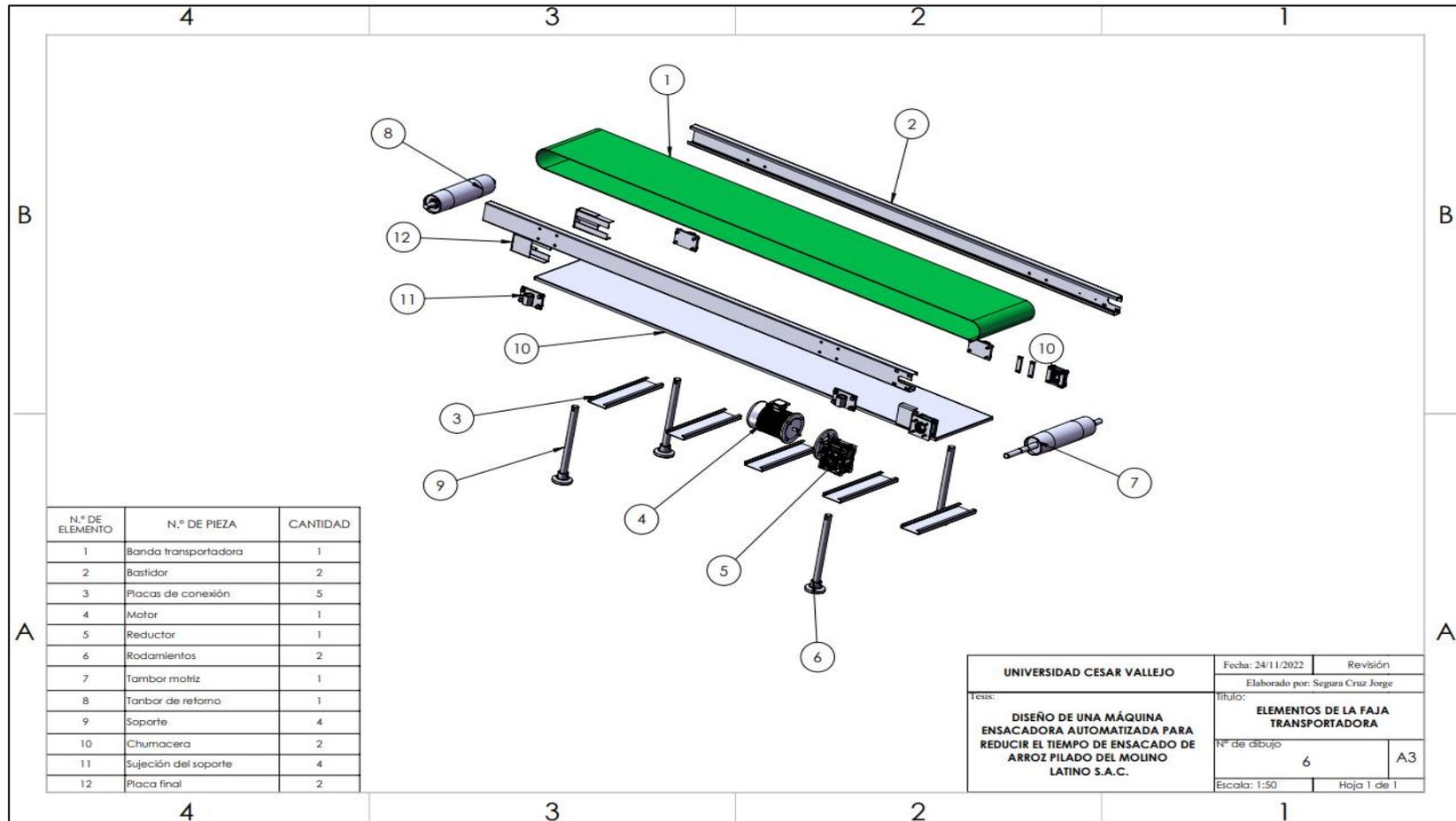


*Nota.* Tomado de la empresa Latino S.A.C.

En la Figura 53 se puede observar la vista de los principales componentes de la faja transportadora.

**Figura 53**

*Vista explosionada de los elementos de la faja transportadora*

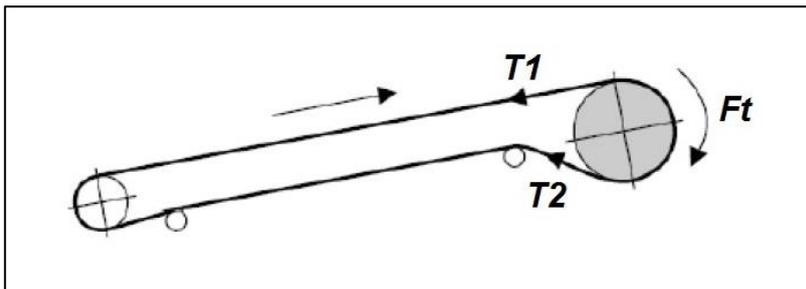


## Cálculo y selección de la banda de transporte del saco

El movimiento lineal de la faja transportadora es accionado por un motorreductor el cual se encarga de transferir energía al tambor motriz, este último se encarga de transmitir las fuerzas tangenciales a la cinta transportadora y de girar el tambor de retorno a la misma velocidad (Figura 54).

**Figura 54**

*Tensiones de entrada y salida de banda transportadora*



*Nota.* Tomado de Forbo Siegling GmbH

La figura anterior muestra el esquema de ensamblaje más utilizado para transportadores, tanto horizontales como inclinados, donde la polea de transmisión se encuentra en la parte superior de la instalación. También es posible instalar una polea de transmisión al final de la correa, o una polea de transmisión al final y otra en la cabeza, o un sistema con dos poleas de transmisión al final de la correa.

A continuación, se procedió a calcular la fuerza tangencial que transmite el tambor motriz a la faja. Para calcular la fuerza tangencial se utilizó la Ecuación (38), los valores de  $\mu_t$  y  $\mu_R$  se determinaron con la Figura 55.

**Figura 55**

*Coefficientes de fricción estática para diferentes recubrimientos*

	0, A0, E0, T, U0, P	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, V5H, V10H
$\mu_T$ (mesa)	0,33	0,33	0,5	0,5
$\mu_R$ (rodillo)	0,033	0,033	0,033	0,033
$\mu_{ST}$ (acumulación)	0,33	0,33	0,5	0,5

*Nota.* Tomado de Forbo Siegling GmbH

$$F_{\mu} = 0.33 * 9.81 \text{ m/s}^2 \left[ 150 \text{ kg/m}^2 + \frac{7.28 \text{ kg}}{2} \right] + 0.33 * 9.81 \text{ kg/m}^2 \left[ 10 \text{ kg} + \frac{7.28 \text{ kg}}{2} \right]$$

$$F_{\mu} = 501.79 \text{ N}$$

Se determinó la fuerza de tracción máxima de la banda con la Ecuación (39), el factor  $C_1$  se determinó con la Figura 56 que es de 1.5.

### Figura 56

*Recubrimiento de la cara inferior del tambor motriz*

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3			V1, U1, UH, U2H, V2H, V5H		
	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Ángulo de contacto $\beta$	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Tambor de acero liso						
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0

*Nota. Tomado de Forbo Siegling GmbH*

Reemplazando se tiene:

$$F_1 = 501.79 \text{ N} * 1.6$$

$$F_1 = 802.86 \text{ N}$$

Con la Ecuación (40) se halló el control de tipo de banda a seleccionar:

$$\frac{802.86 \text{ N}}{b_0} \leq C_2$$

Para hallar la elongación máxima ( $E_2$ ) se usó la Ecuación (41):

$$E_2 = E_{m\acute{a}x} * K_{1\%}$$

$E_{m\acute{a}x}$  es igual a 2 según la Figura (57) ya que el material es de poliéster, para  $K_{1\%}$  se halló reemplazando  $C_2$  en la Ecuación anterior

## Figura 57

Control del tipo de banda seleccionado

Tipo de elemento tractor	Poliéster Poliéster (letra identificativa "E")	Aramida (letra identificativa "AE")
Ejemplos de clases de tipos	E 2/1, E 3/1, E 4/2, E 6/1, NOVO, E 8/2, E 10/M, E 12/2, E 15/2, E 15/M, E 18/3, E 20/M, E 30/3, E 44/3	AE 48/H, AE 80/3, AE 100/3, AE 140/H, AE 140/3
$\epsilon_{\text{máx}}$ en %	2,0	0,8

Nota. Tomado de *Forbo Siegling GmbH*

$$\frac{802.86 \text{ N}}{400 \text{ mm}} \leq 2 * K_{1\%}$$

$$1.003 \text{ N/mm} \leq K_{1\%}$$

Se recomienda utilizar un  $K_{1\%}$  más elevado. Por lo tanto, se elegirá un  $K_{1\%}$  de 1.5 N/mm. Reemplazando en la Ecuación (41) se tiene una elongación máxima 3 N/mm

Con los datos obtenidos se seleccionó el tipo de cinta más adecuado. El modelo se eligió del catálogo de Forbo: E 12/2 U0/UH.

A continuación, se calculó el diámetro mínimo del tambor motriz con la Ecuación (42).

$$d_A = \frac{501.79 \text{ N} * C_3 * 180^\circ}{4000 \text{ mm} * 180^\circ}$$

$C_3$  se determinó con la Figura 58 que es un factor de 40 reemplazando en la Ecuación (42) se obtiene:

## Figura 58

Factores para el recubrimiento inferior del tambor

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3	V1, U1, UH	0, U0, NOVO, T, P
<b>Tambor de acero liso</b>			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable

Nota. Tomado de Forbo Siegling GmbH

$$d_A = \frac{501.79 \text{ N} * 40 * 180^\circ}{4000 \text{ mm} * 180^\circ}$$

$$d_A = 50.18 \text{ mm}$$

### Cálculo de la potencia motriz para accionar la faja transportadora

Basándonos en el diagrama de GANTT de la propuesta de solución (Figura 30), se determinó que el tiempo que se tarda en llenar un saco de arroz desde que el operario pone el saco en el dosificador y este lo suelta es de 7.5 segundos. Con este tiempo se pudo determinar que la máquina operara a una velocidad de llenado de 8.5 *sacos/min*.

También se estableció el desplazamiento lineal del saco en la faja transportadora. En el diagrama de GANTT propuesto se puede observar que el saco demora 15 segundos en recorrer desde el punto donde cae el saco, pasa por la cosedora y finalmente termina en el punto de paletizado. Por lo tanto se concluye que el saco se desplaza a 1.5 *m/saco*.

Para calcular los RPM que debe tener el motor, se usó la Ecuación (43).

$$R_{PM} = \frac{V_T}{\pi * 0.142m}$$

$V_T$ , con la Ecuación (44):

$$V_T = \frac{1.5 \text{ m/saco}}{7 \text{ segundos/saco}} * \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}}$$

$$V_T = 12 \text{ m/min} = 0.20 \text{ m/s}$$

Reemplazamos en la Ecuación (43):

$$R_{PM} = \frac{12 \text{ m/min}}{\pi * 0.142 \text{ m}}$$

$$R_{PM} = 26.7 \text{ min}$$

Con la Ecuación (45) se calculó la fuerza de tracción del tambor motriz con la faja transportadora.

$$Z = [(Q + 2P) * F_w + M_p] * L + (P * H)$$

A continuación, se calcula el valor de cada variable:

$$Q = 150 \text{ kg/m}^2$$

Se estableció  $150 \text{ kg/m}^2$  ya que en la faja transportadora habrá 3 sacos en cada ciclo de 15 segundos. Para establecer el peso de la cinta se precisó de la ficha técnica del modelo seleccionado que es de  $1.5 \text{ kg/m}^2$  (Anexo I).

$$P = 1.5 \text{ kg/m}^2$$

La distancia que hay entre los centros de los rodillos es igual a la longitud del equipo y la altura de elevación es 0.

$$L = 3 \text{ m}$$

El coeficiente de fricción  $F_w$  es de 0.18 (Anexo J), y el valor de la carga de acumulación del producto se calculó con la Ecuación (46) y un  $F_p$  de 0.16 (Anexo K)

$$M_p = 150 \text{ kg} (0.10 * 3)$$

$$M_p = 24 \text{ kgf/m}^2$$

Sustituimos todos los valores obtenidos en la Ecuación (45).

$$Z = [(150 \text{ kg/m}^2 + 2 \times 7.23 \text{ kg/m}^2) \times 0.18 + 24 \text{ kg/m}^2] \times 3 \text{ m}$$

$$Z = 710.48 \text{ kgf/m}$$

Este valor reemplazamos en la Ecuación (47) y obtenemos la fuerza de ajuste de la banda. El factor de servicio es de 1.4 (Anexo L)

$$Z_p = 710.48 \text{ kg/m} \times 1.4$$

$$Z_p = 994.67 \text{ kg/m}$$

Luego calculamos la potencia teórica necesaria para mover la banda utilizando la Ecuación (48).

$$P_M = \frac{994.67 \text{ kg/m} * 0.4 \text{ m} * 26.7}{6.12}$$

$$P_M = 1735.8 \text{ w}$$

$$P_M = 2.3 \text{ HP}$$

A continuación, se determinó la potencia de entrada para la preselección de las características del producto.

Empezamos por el cálculo de la potencia de entrada con la Ecuación (49). Se utilizó el catálogo del fabricante LENTAX donde nos indica un rendimiento de 98.5%.

$$N_e = \frac{2.3 \text{ HP}}{0.985}$$

$$N_e = 2.34 \text{ HP} = 1744.47 \text{ w}$$

Posteriormente se calculó la velocidad de salida del reductor (Ecuación 50).

$$\omega = \frac{0.2 \text{ m/s}}{0.05 \text{ m}}$$

$$\omega = 4 \text{ rev/seg} = 38 \text{ RPM}$$

Pasamos a preseleccionar el motor del reductor tomando en cuenta la potencia de entrada. En la página 33 del catálogo para motores de 2.20 kW su velocidad de entrada es de 1415 RPM, siendo esta la velocidad disponible en el eje del

motor. Por lo tanto, se determinó la relación de transmisión mediante la Ecuación (51).

$$i = \frac{1414 \text{ RPM}}{38 \text{ RPM}}$$

$$i = 37.24$$

Con el dato de la relación de transmisión el modelo preseleccionado es el F2T3 3.00 con una velocidad de salida del producto de 37 RPM (Anexo M).

Preliminarmente se determinó la potencia de mando, multiplicando la potencia de entrada ( $N_e$ ) por el factor de servicio ( $F_s$ ) de la banda transportadora. Dándonos un resultado de 3.28 HP. Con este dato seleccionamos el modelo del motorreductor que es el F2T3 4.00 (Anexo N). Cabe resaltar que la potencia de mando debe ser mayor a la potencia de entrada. Por lo tanto, se verifica que el modelo que seleccionamos es el correcto.

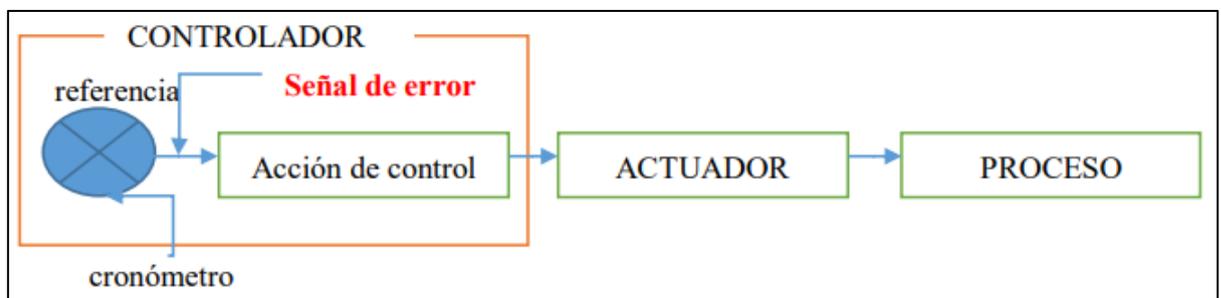
Finalmente se dispuso la posición de montaje del motorreductor con ayuda del catálogo (Anexo Ñ), seleccionamos la posición HB3. Por lo cual la solución técnica es el modelo FT- 3 4.00 – 37 – HB3.

#### 4.4. Diseño del sistema de control de la máquina ensacadora

El diseño del sistema de control se basa en un sistema de control de lazo abierto aplicado a la variable tiempo, ya que esta variable interviene en las diferentes fases de la etapa de ensacado (Figura 59).

**Figura 59**

*Diagrama del lazo abierto del sistema de control*



En la figura 60 se sintetiza toda la operatividad de un sistema de lazo abierto, el elemento principal lo comanda el controlador, ya que es quien controla que el

sistema funcione correctamente. Al programar el tiempo el indicio de medida debe ajustarse con el indicio de referencia, por ejemplo, si el indicio de referencia se determina en un tiempo de 7.5 segundos, el controlador es quien administra el tiempo y lo regula cuando llega a los 7.5 segundos. Es en esta etapa donde se presenta la “señal de error”, este indicio de error pasa a una fase que se le denomina acción de control, donde se envían diferentes señales a los actuadores quienes son los que ejecutan las actividades que se van a ejecutar en el mismo proceso, como por ejemplo el empuje del vástago para accionar una compuerta.

### **Determinación de las variables**

- **Variable Controlada o de referencia:** la variable que se controlará es el peso de sacos de arroz de 50kg, pero es valor de referencia estará controlado por el tiempo de llenado de cada saco.
- **Variable Manipulada:** Es el movimiento del vástago para abrir la compuerta que permitirá el flujo libre del producto y luego se cerrará cuando se envíe la señal de que el saco cumplió con el llenado del peso requerido.
- **Variable Medida:** Es la variable que se comparará con el punto de referencia, en este caso será el medidor de tiempo (cronómetro).
- **Perturbaciones:** Ya que esta variable se refiere a los elementos externos que pueden ocasionar alteraciones como, por ejemplo; la temperatura del ambiente, humedad, presión, etc. En esta tesis no depende de algún elemento externo.

### **Determinación de las entradas y salidas del sistema de control**

#### **A. Entradas**

- **OFF:** Dispositivo de apagado y prendido que dará marcha a la máquina ensacadora
- **ON 1:** Dispositivo de prendido, es el que dará marcha a la faja transportadora
- **ON 2:** Es el que dará marcha al sistema de llenado y cocido
- **S1:** Es un interruptor final de carrera, también conocido con un sensor de contacto. Este sensor está situado en al costado del bocasaco de descarga y es el que enviará una señal al cilindro de doble efecto (V1-V2).

- **S2:** Es un sensor óptico que percibe el saco puesto en el bocasaco. Este sensor es conocido como sensor de proximidad.
- **S3:** Es un interruptor final de carrera que mandara señal al cilindro de simple efecto (V3).
- **S4:** sensor que captará la señal del saco llenado (sensor de nivel).
- **S5:** sensor de proximidad / óptico, su función es captar el saco lleno para **que las** barras laterales de la cosedora lo compriman.
- **S6:** Igual que el anterior es un sensor de proximidad que tiene la función de enviar una señal al PLC encargado del OFF y ON de la máquina de coser.

## **B. Salidas**

- **V1:** Cilindro neumático de doble efecto, tiene a función de cerrarse cuando el saco este puesto en la tolva y de abrirse cuando el saco llegue al peso programando (50 kg).
- **V2:** Cilindros neumáticos de doble efecto que tiene la función de permitir la descarga de arroz en el saco y cuando recibe la señal del sensor de peso (50) este vuelve a su posición inicial cerrando el paso de arroz.
- **V3:** Cilindro neumático de doble efecto, su función es dejar caer el saco en la faja transportadora horizontal cuando su peso llegue a los 50 kg.
- **V4 y V5:** Estos dos cilindros tienen la única función de juntar el saco para proseguir con la etapa final que es el cosido. Estos solo se activarán cuando el saco pase sobre ellos.

## **Configuración del autómata programable**

**Figura 60**

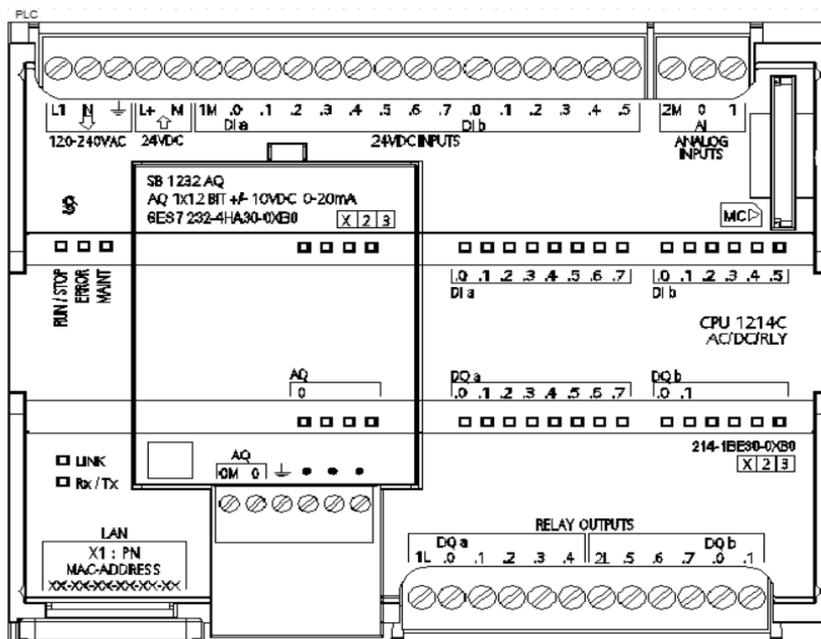
*Especificaciones de la configuración del PLC*

FUNCIONES	ENTRADAS	SALIDAS	INTERFACES PLC
Apagado del sistema	1 pulsador OFF		1 entrada 24 Vcc.
Encendido del sistema	1 pulsador ON 1 pulsador STOP 1 pulsador de emergencia	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 1 sensor de contacto: S1 2 celdas de carga V7 y v8	6 cilindro de doble efecto: V1, V2, V3, V4, V5, V6 1 temporizador: T1	4 entrada 24 Vcc 7 salidas
Cosido	1 sensor óptico: S3	1 contactor: MC	1 entrada 1 salida 24 Vcc 0,5A

La configuración del autómata programable será de la serie Siemens, en este caso tendremos 9 entradas digitales y 10 salidas digitales ambas de 24 Vcc. Por lo tanto, será conveniente seleccionar un S7 1200.

**Figura 61**

*Vista en 2D del PLC S7 1200*

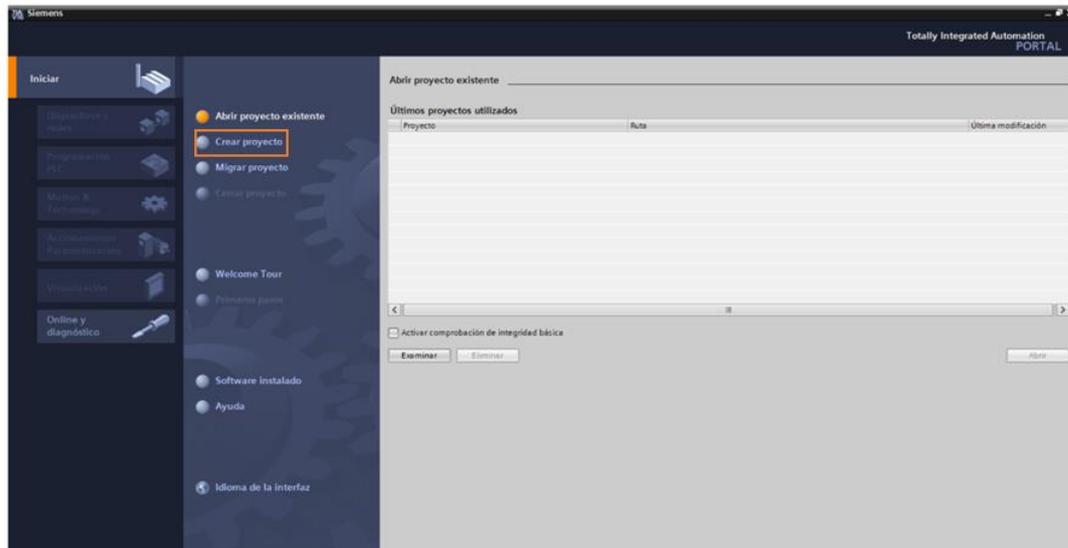


## Entrada al programa TIA Portal V16

- Cuando abrimos el programa nos encontramos con la siguiente plataforma en la que nos mostrara diferentes opciones, en este caso seleccionaremos la opción “crear proyecto” (Figura 62).

**Figura 62**

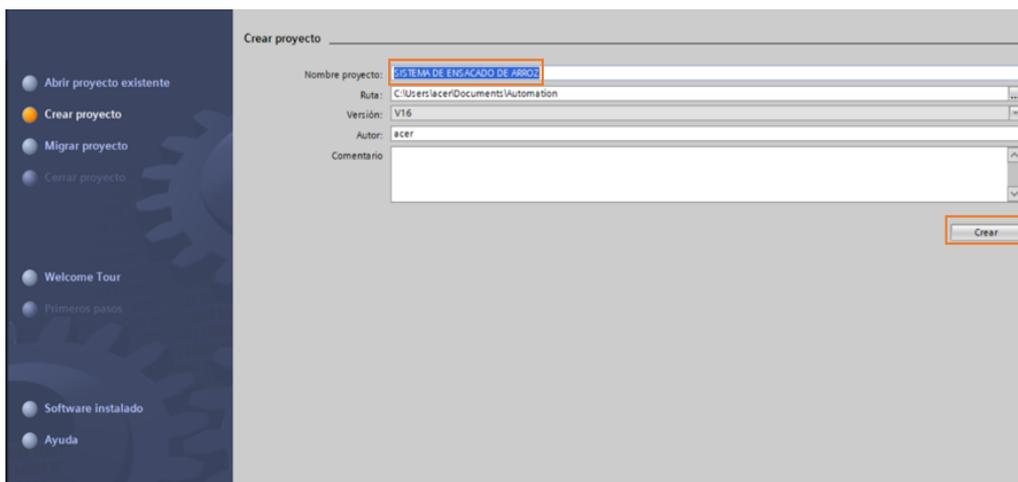
*Plataforma TIA Portal V16*



- A continuación, se nombra el proyecto que se va a realizar, en este caso “sistema de ensacado de arroz” (Figura 63).

**Figura 63**

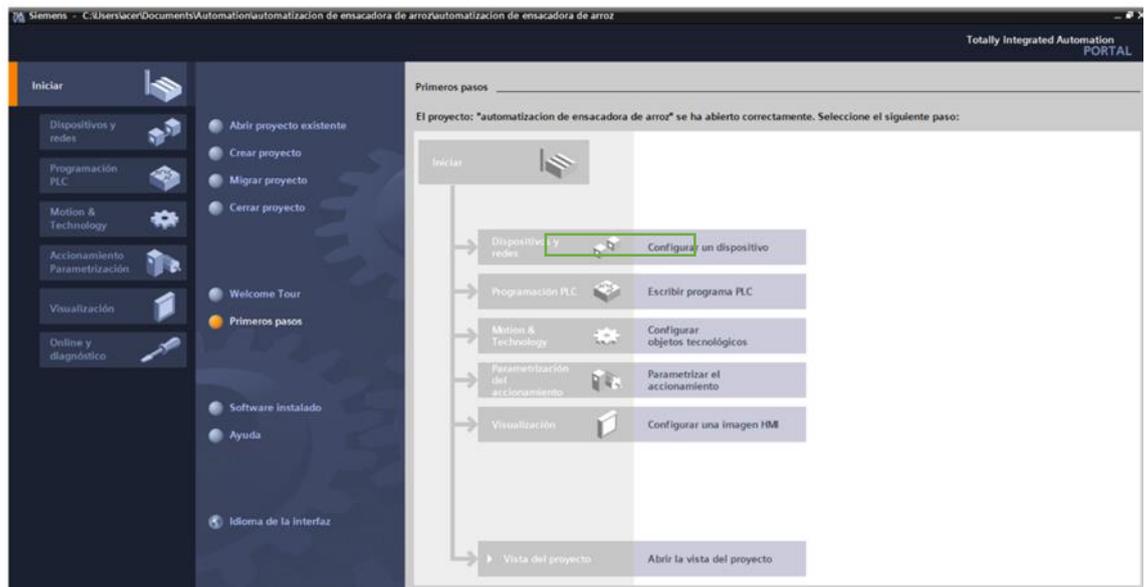
*Nombramiento del proyecto*



- Luego seleccionamos la opción “configurar un dispositivo” (Figura 64).

## Figura 64

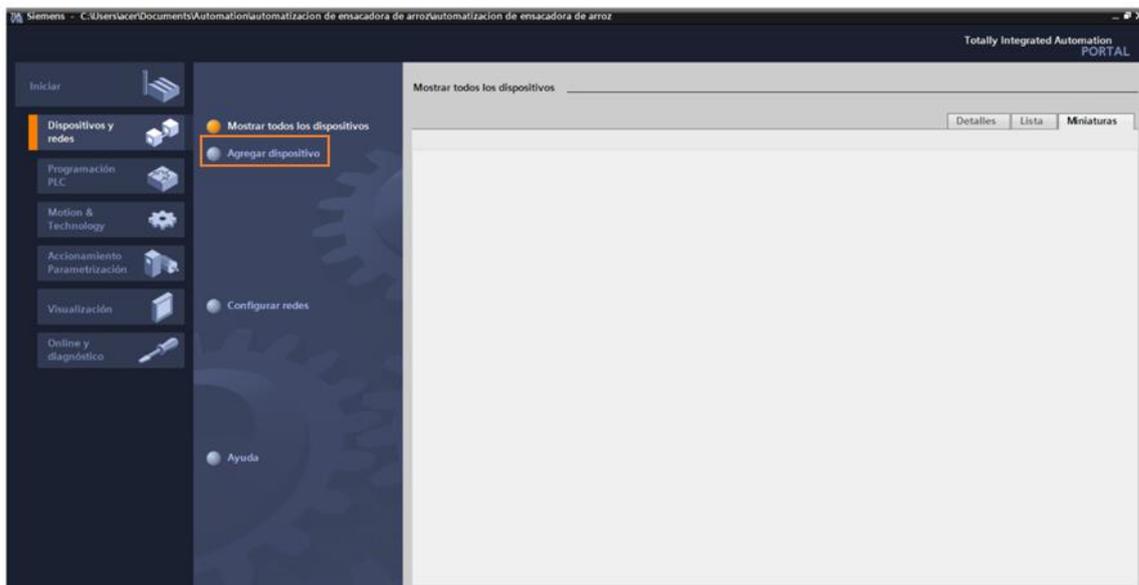
### Configuración de dispositivo



- Como es un proyecto nuevo se selecciona “agregar dispositivo” (Figura 65).

## Figura 65

### Agregar dispositivo

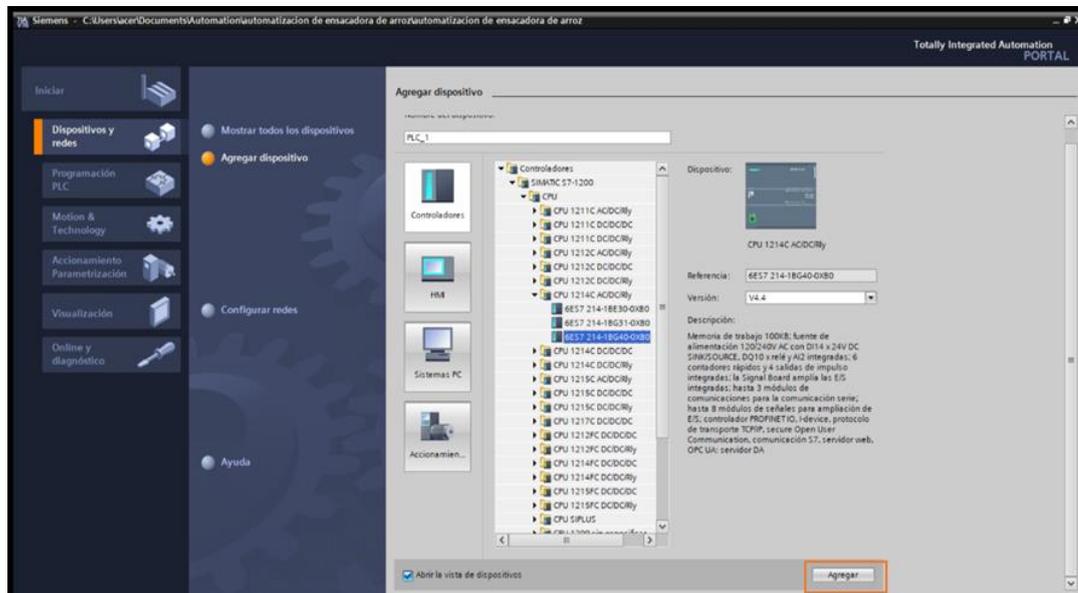


- En este apartado se puede elegir el controlador o PLC que se va utilizar en la programación. Para este sistema se usará “SIMATIC S7-1200” y su CPU

del tipo “1214 AC/DC/RIy” (Figura 66)

**Figura 66**

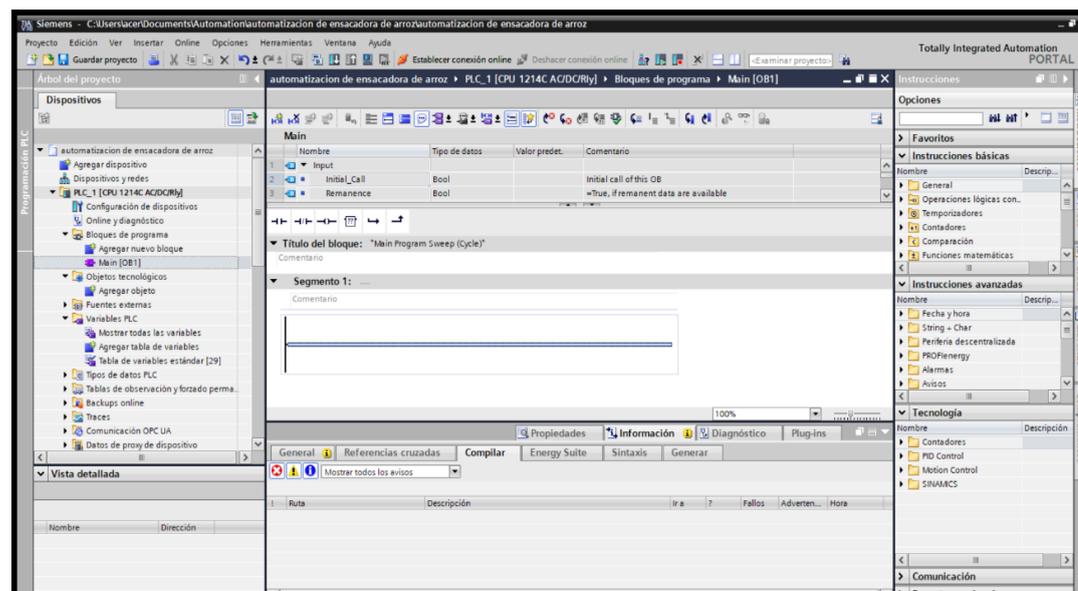
*Selección del controlador*



- Una vez seleccionado el PLC nos dirigirá a una ventana en la que se encontrará una variedad de funciones que utilizaremos en nuestra programación (Figura 67)

**Figura 67**

*Ventana de programación*



- %I: Entradas en el PLC

- %Q: Salidas en el PLC

**Figura 68**

*Vista general de las variables de entrada y salida del sistema*

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	ON	Tabla de variables e.	Bool	%I.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PULSADO DE PRENDIDO
2	TON_0	Tabla de variables e.	Bool	%M.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TEMPORIZADOR
3	TIMER	Tabla de variables e.	Time	%M.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TIEMPO DE TEMPORIZADOR
4	OUT1	Tabla de variables e.	Bool	%M.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MEMORIA GENERAL DE PRENDIDO
5	OFF	Tabla de variables e.	Bool	%I.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	APAGADO GENERAL
6	FAJATRANSP	Tabla de variables e.	Bool	%M.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAJAS HORIZONTAL Y DIAGONAL
7	Y1	Tabla de variables e.	Bool	%Q.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO PARA CERRADO DE VÁS...
8	S2	Tabla de variables e.	Bool	%I.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE PROXIMIDAD
9	S1	Tabla de variables e.	Bool	%I.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INTERRUPTOR FINAL DE CARRERA Y1
10	Y3	Tabla de variables e.	Bool	%Q.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO ELECTRÓNICO DE V2 PARA ABRIR
11	Y4	Tabla de variables e.	Bool	%Q.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DE CILINDRO DE SOPORTE
12	Y5	Tabla de variables e.	Bool	%Q.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DE CILINDRO DE AJUSTE
13	M2	Tabla de variables e.	Bool	%I.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MEMORIA PARA ENCENDIDO DE TEMPORIZADOR
14	M3	Tabla de variables e.	Bool	%I.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DEL TEMPORIZADOR
15	S4	Tabla de variables e.	Bool	%I.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE NIVEL
16	M5	Tabla de variables e.	Bool	%I.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MEMORIA DE RESET
17	S3	Tabla de variables e.	Bool	%I.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INTERRUPTOR FINAL DE CARRERA DE SOPORTE
18	S5	Tabla de variables e.	Bool	%I.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE PROXIMIDAD DE AJSTE DEL SACO
19	Y6	Tabla de variables e.	Bool	%I.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DE AJUSTE DEL SACO
20	S6	Tabla de variables e.	Bool	%I.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE PROXIMIDAD DE MÁQUINA DE COSER
21	COSEDORA	Tabla de variabl...	Bool	%Q.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MÁQUINA DE COSER
22	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

## Funcionamiento de la simulación

Inicialmente el sistema se encuentra apagado, para que se ejecute la simulación se compila el programa y se carga todos los componentes (Figura 69).

**Figura 69**

*Lógica de control sistema automatizado*

Totally Integrated Automation Portal					
sistema_ensacado / PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa					
<b>SISTEMA_ENSACADO [OB1]</b>					
<b>SISTEMA_ENSACADO Propiedades</b>					
<b>General</b>					
Nombre	SISTEMA_ENSACADO	Número	1	Tipo	OB
Numeración	Automático			Idioma	KOP
<b>Información</b>					
Título	Diseño de una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C	Autor	SEGURA CRUZ JORGE	Comentario	Proyecto de Investigación
Idioma		Familia			
Versión	0.1	ID personalizada			
<b>SISTEMA_ENSACADO</b>					
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.	Comentario	
▼ Input					
Initial_Call		Bool		Initial call of this OB	
Remanence		Bool		= True, if remanent data are available	
Temp					
Constant					
<b>Segmento 1 : ENCENDIDO DEL SISTEMA DE ENSACADO</b>					

### A. Inicio del sistema de ensacado

Para encender el sistema se acciona el pulsador (on) normalmente son de color verde, una vez accionado se pone en marcha el motore de las faja transportadoras y se energiza los demas mecanismos, esto funciona por medio de una memoria denminada (OUT1) (Figura 70).

**Figura 70**

*Inicio del sistema de ensacado*

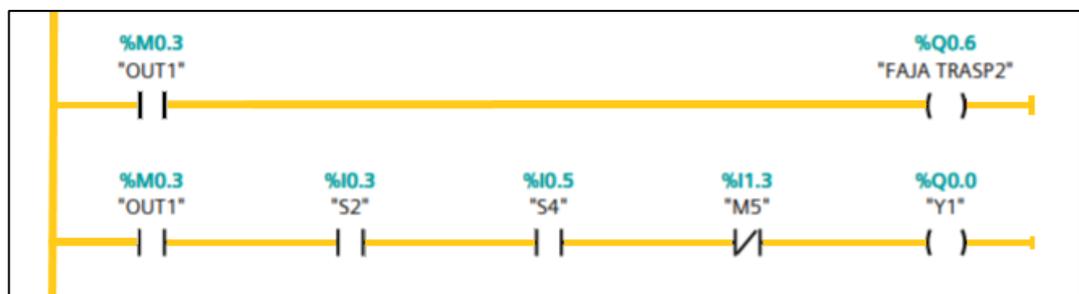


### B. Agarre del saco a llenar

Para que se accione el vástago (Y1) del cilindro neumático, se necesita el accionamiento del 2 sensores, uno de ellos es el sensor de nivel denominado (S4), este captará el momento en el que el arroz haya sobrepasado la línea del vástago superior, y el otro sensor seria el de proximidad nombrado como (S2), cuando el saco sea puesto en la tolva este lo captara (Figura 71).

**Figura 71**

*Agarre del saco a llenar*

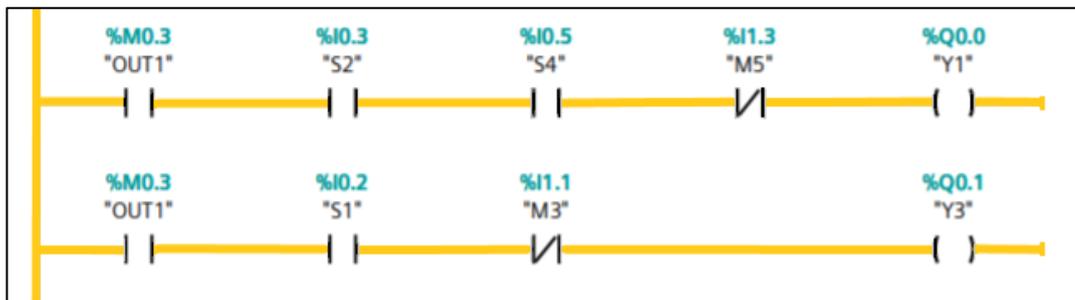


### C. Llenado y pesaje del saco

Una vez que el saco sea puesto en la tolva y captado por el sensor de proximidad, el vástago superior (Y1) se cierra. Luego se acciona un interruptor (S1) también llamado final de carrera el cual permitirá la abertura del vástago inferior (Y3) y dará paso a la caída del arroz en el saco (Figura 72).

**Figura 72**

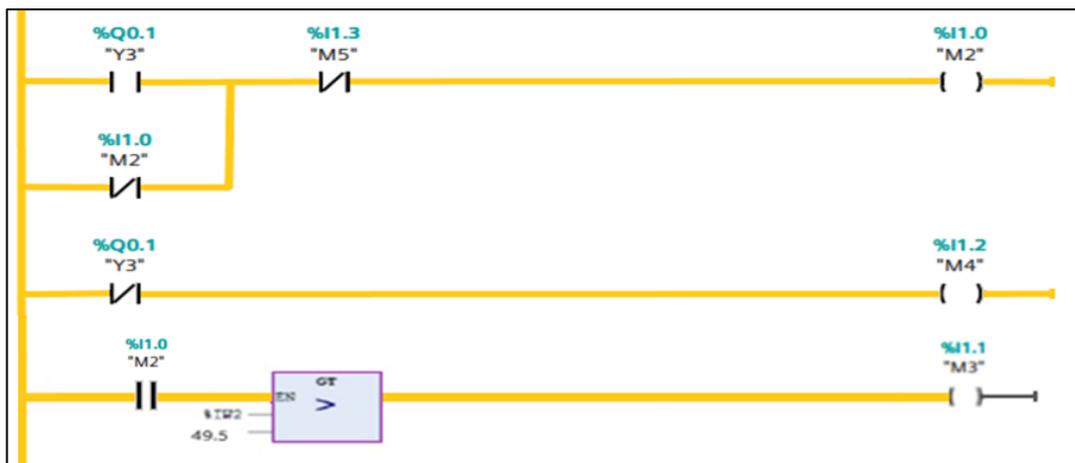
*Llenado y pesaje del saco*



Ya abierto el vástago inferior (Y3), automáticamente se acciona una segunda memoria, este dará inicio al sensor de peso que determinara el peso ideal (50kg) de llenado del saco (Figura 73).

**Figura 73**

*Sensor de peso*

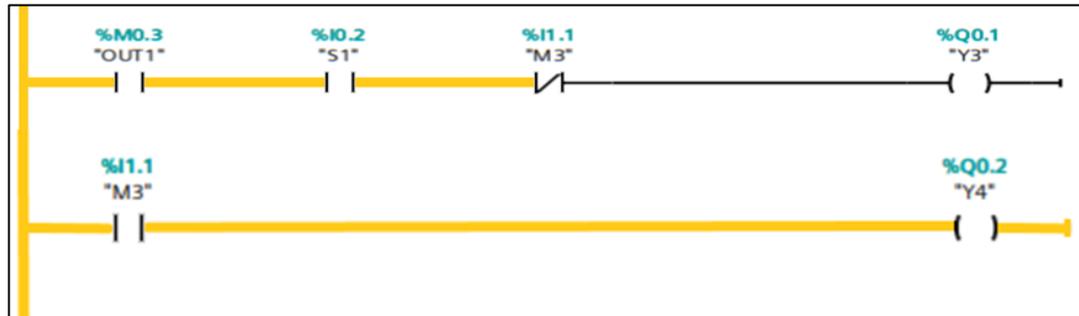


Cuando el sensor de peso detecta el pesaje programado, la tercera memoria (M3) se activa cortando el paso de la corriente hacia (Y3), en la cual mediante

su muelle de retorno regresará a su posición que estuvo inicialmente (cerrado), seguidamente (Y4) que es el soporte del saco se activará dejándolo caer en la faja transportadora (Figura 74).

**Figura 74**

*Caída de saco a faja transportadora*



#### D. Reinicio del sistema

Para que el sistema de ensacado se inicie nuevamente el interruptor final de carrera (S4) que está ubicado en el soporte del saco será accionado cuando el cilindro se active. Finalmente se dará la orden de reinicio mediante la activación automática de una memoria que fue activada por (S4), iniciando por (Y1) (Figura 75).

**Figura 75**

*Reinicio del sistema*

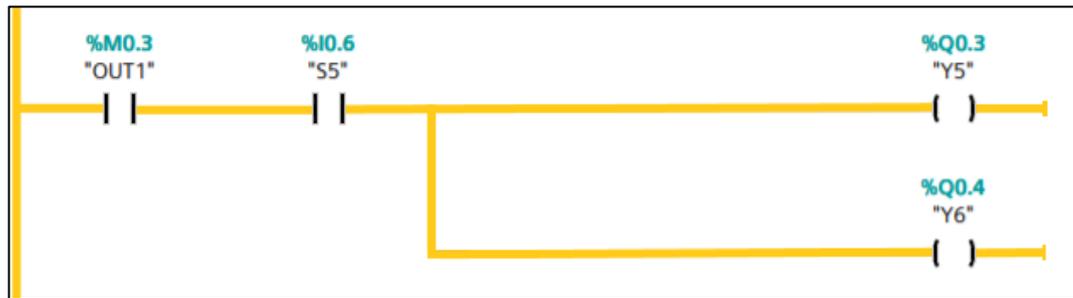


#### E. Cocido del saco

El sensor (S5) que es el sensor de óptico detectará el saco que no esté cocido, este sensor activará (Y5 y Y6) dos vástagos que cumplirán la función de unir los extremos del saco (Figura 76).

**Figura 76**

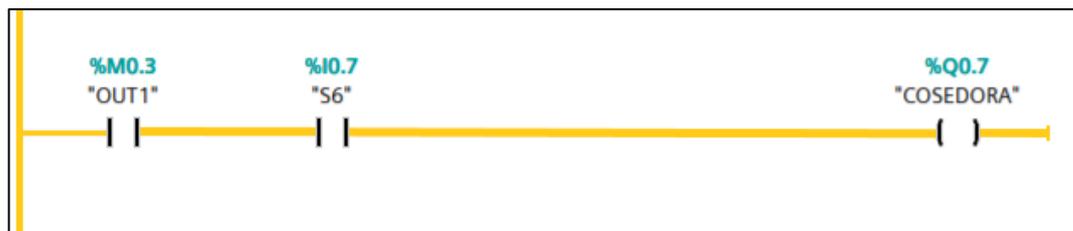
*Cocido del saco*



Por último, el saco ajustado y listo para coser es detectado por otro sensor de proximidad (S6), el cual activará la máquina que iniciará con el cosido (Figura 77).

**Figura 77**

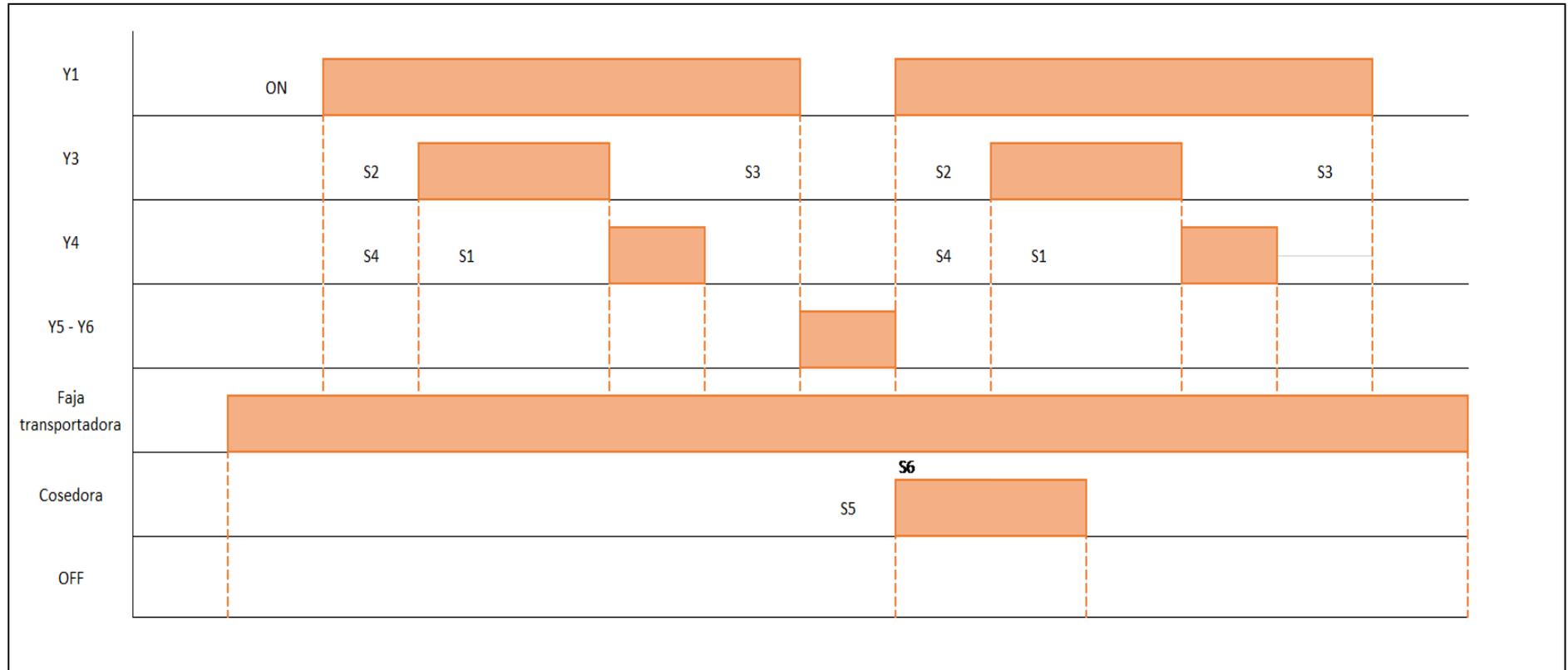
*Cocido del saco*



## Diagrama de movimientos

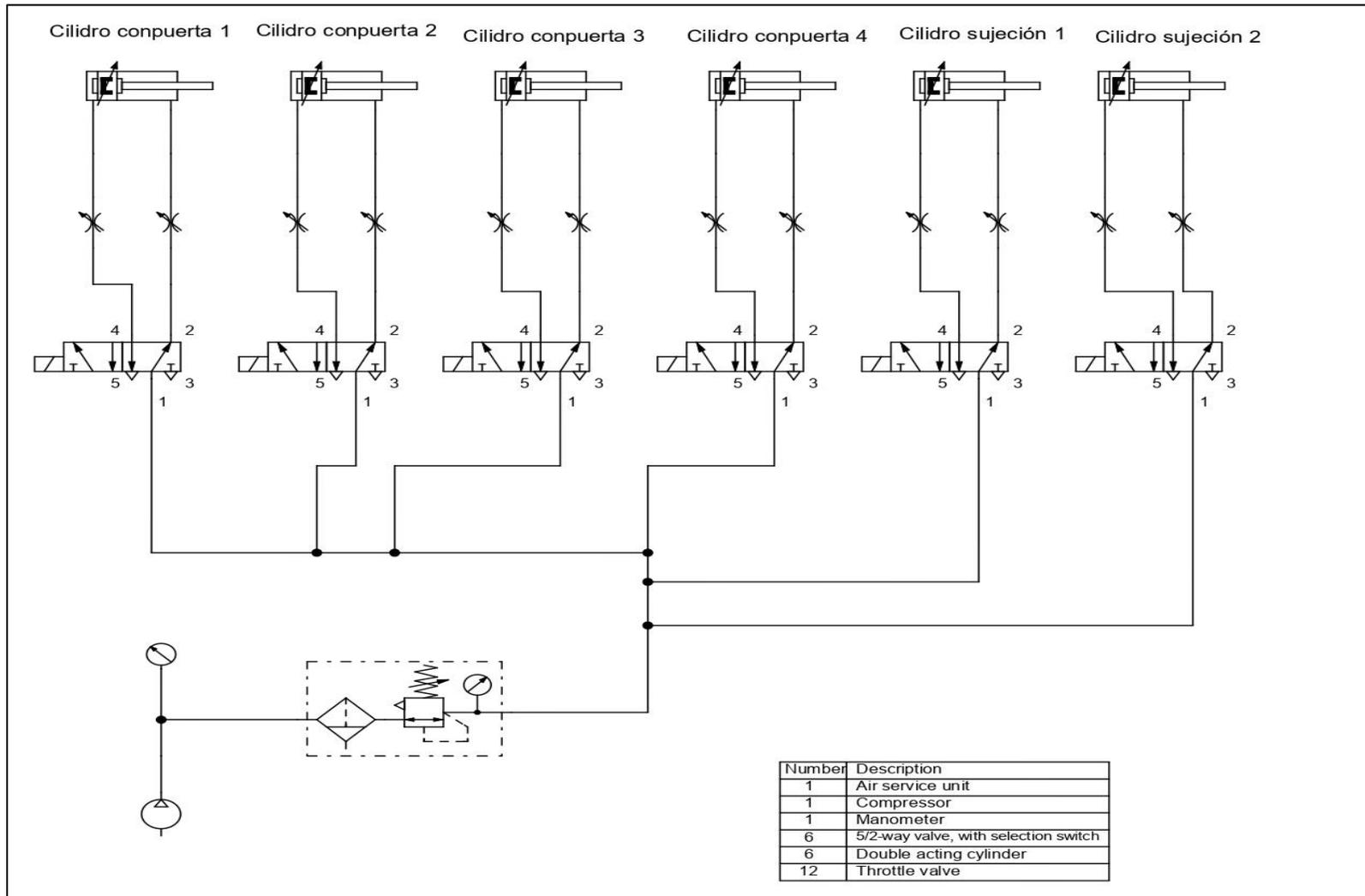
Figura 78

Diagrama de Movimientos



**Figura 79**

*Esquema del sistema electroneumático de la máquina ensacadora*



En la Figura 79 se observa el plano del sistema neumático que controlará los actuadores neumáticos de la maquina ensacadora. Inicialmente el compresor debe proporcionar una presión constante de 10 bar, ya que se determinó que todos los actuadores neumáticos trabajen a una presión constante de 8 bar. Posteriormente se encuentra la unidad de mantenimiento, la cual tendrá la función de filtrar, regular y lubricar. Los actuadores neumáticos cuentan con una configuración preestablecida, estos deben accionar las compuertas a una velocidad media respecto a los actuadores de las mordazas del bocasaco y deben estar al máximo desplazamiento de su carrera.

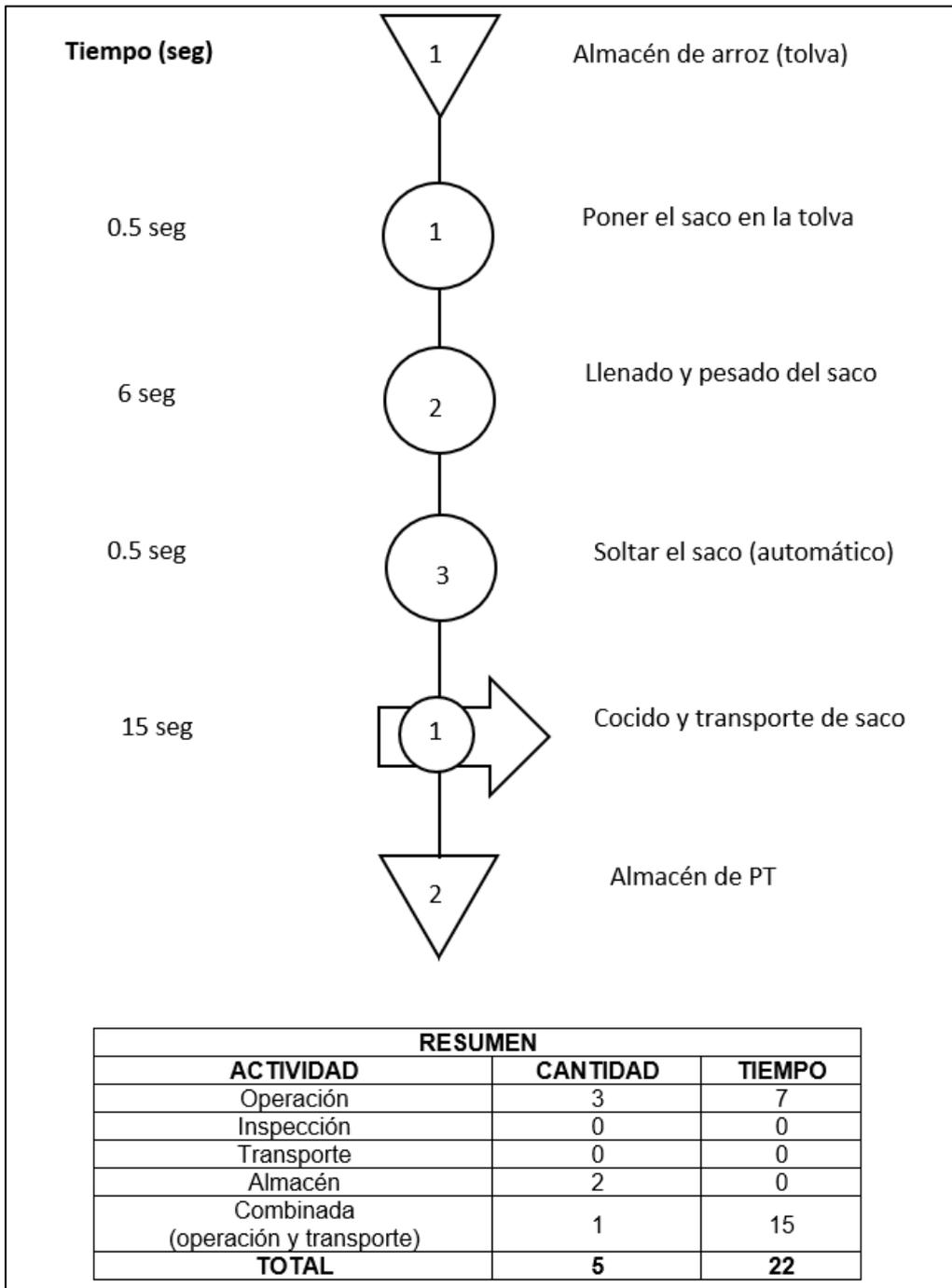
El caudal de aire necesario que ingresará a los cilindros neumáticos ya establecidos será controlado por las válvulas electroneumáticas de 5/2 vías, las cuales estarán comandadas por el controlador lógico programable (PLC). También se incluyó válvulas estranguladoras-antirretorno para regular el avance y retroceso de los émbolos de los cilindros neumáticos en la dirección configurada. Finalmente se simula el sistema de control de la máquina, emulando las señales que recibirán los elementos electromecánicos para realizar las funciones que permita realizar el proceso de ensacado.

### **Nuevos indicadores de producción**

Con el diseño de la máquina ensacadora automatizada se pudo reducir significativamente los tiempos, especialmente el tiempo de pesado, cocido y transporte. Para mayor detalle ver el nuevo diagrama de análisis de proceso del proceso de ensacado (Figura 80)

**Figura 80**

*Nuevo diagrama de Análisis del Proceso de Ensacado*



En el nuevo diagrama se puede visualizar que se eliminaron las actividades que intervenían en la demora del proceso de ensacado, por ejemplo, en la actividad de llenado y pesado ahora se puede realizar al mismo tiempo, mientras se llena el saco el sistema lo va pesando, ya no es necesario que el operario use otra herramienta para que verifique el peso correcto. Otra de

las actividades que se optimizó es la de cocido y el transporte del saco, mientras el saco se desplaza en la faja transportadora, también pasa por la máquina cocedora.

A continuación, se procede a calcular la nueva producción.

$$\text{Producción mejorada} = \frac{60 \text{ seg/min}}{22.0 \frac{\text{seg}}{\text{und}}} = 2.73 \frac{\text{und}}{\text{min}}$$

$$\text{Producción mejorada} = 163.8 \frac{\text{und}}{\text{hora}}$$

$$\text{Producción mejorada} = 163.8 \times 20 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 3276 \text{ und/día}$$

La producción diaria aumentó considerablemente con el nuevo sistema diseñado (1629.69 sacos/día para ser exactos), que en soles al mes es igual a S/. 593 207.16 (considerando 26 días de trabajo).

**Tabla 13**

*Cuadro comparativo de indicadores*

INDICADORES	FÓRMULA	ACTUAL	MEJORADO
Tiempo de ciclo de la etapa de ensacado (seg)	$T.C. = \frac{\text{Tiempo Total}}{\text{Nº de und}}$	39.0	22.0
Capacidad de producción (sacos/día)	$P = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{ciclo}}$	1646.31	3276
Capacidad diseñada (sacos/día)	$CD = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Tiempo promedio}}$	1846.15	3276
Utilización de capacidad	$U.C. = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Capacidad diseñada}}$	89%	100%

#### 4.5. Análisis económico de la propuesta

##### Costo de dispositivos y recursos

En la tabla 14 y 15 se observa los costos de los dispositivos y de los recursos de implementación del sistema automatizado.

**Tabla 14**

*Costos de los dispositivos del sistema diseñado*

Elemento	N°	Precio Unitario (S/)	Total (S/)
Cilindros neumáticos de doble efecto 40x25 mm	2	207.38	414.76
Cilindros neumáticos de doble efecto 32x100 mm	4	120.97	483.88
Compresor SCHULZ 153 l/min	1	1739.90	1739.90
Faja transportadora	1	1534.60	1534.60
Motorreductor de 4 HP	1	939.94	939.94
PLC (S7 1200)	1	3291.10	3291.10
Celdas de Carga H6F x100kg	2	927.48	1854.96
Interruptor final de carrera CNTD TZ-8167	1	69.09	69.09
Tolva de almacenamiento	1	800.00	800.00
Dosificador	1	400.00	400.00
Bocasaco	1	150.00	150.00
Estructura de soporte de la máquina	1	650.00	650.00
Escalera de acceso al dosificador	1	135.00	135.00
Plataforma de acceso al dosificador	1	250.00	250.00
Llave termomagnética	1	94.90	94.90
Guardamotor Magneto Térmico	1	180.00	180.00
Rollo de cable	1	150.00	150.00
Mangueras	20m	3.85	77.00
Sensor Fotoeléctrico E3JK-DS30M1	1	72.97	72.97
Pulsadores	4	15.00	60.00
Electroválvula de 5/2 vías MFH 1/8 110v	3	99.09	297.27
Tablero de control metálico	1	80.00	80.00
			<b>13,725.37</b>

**Tabla 15**

*Costos de fabricación de la máquina diseñada*

Costos de Fabricación	Total (S/)
Ingenieros	4000.00
Mano de obra (técnicos)	2000.00
Ayudante	1025.00
Transporte	200.00
<b>Total</b>	<b>7,225.00</b>

**Tabla 16**

*Otros costos de Fabricación*

Otros costos de fabricación	Total (S/)
Energía	6050.00
Mantenimiento	6000.00
<b>Total</b>	<b>12,050.00</b>

## Estado de ganancias y pérdida del sistema diseñado

**Tabla 17**

*Estado de ganancias – perdidas por meses*

BENEFICIOS	UNIDAD	MESES						
		0	1	2	3	4	5	
Incremento de la Producción	S/	S/ -	S/ 127,115.82					
<b>Total de Beneficios</b>	<b>S/</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ 127,115.82</b>					
COSTOS	UNIDAD	S/ -	S/ 1.00	S/ 2.00	S/ 3.00	S/ 4.00	S/ 5.00	
Costos de dispositivos del diseño	S/	S/ 13,725.37	S/ -					
Costos de Fabricación	S/	S/ 7,225.00	S/ -					
Otros Costos de Fabricación	S/	S/ 12,050.00	S/ -					
<b>Total de Costos</b>	<b>S/</b>	<b>S/ 33,000.37</b>	<b>S/ -</b>					
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>S/</b>	<b>S/ 33,000.37</b>	<b>S/ 127,115.82</b>					
Depreciación	S/	S/ 125.00						
<b>Utilidad a Impuestos</b>	<b>S/</b>		<b>S/ 126,990.82</b>					
<b>Impuestos</b>	<b>S/</b>		<b>S/ 38,097.25</b>					
			S/ 125.00					
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>S/</b>	<b>-S/ 32,875.37</b>	<b>S/ 88,768.57</b>					
<b>VAN</b>	<b>S/</b>	<b>S/ 271,874.33</b>						
<b>TIR</b>		<b>270%</b>						
<b>B/C</b>		<b>8.27</b>						
<b>Tasa</b>		<b>14%</b>						

## V. DISCUSIONES

El análisis del proceso actual de ensacado ayudó a determinar las necesidades de la empresa, los resultados guardan relación con (Chancafe, 2018) el cual inicialmente realizó un diagnóstico de los indicadores actuales de producción de la empresa. En nuestra investigación evaluamos cada indicador para determinar los requerimientos de diseño de la máquina.

Para la toma de tiempos del proceso de ensacado se utilizó el diagrama de Gantt, donde anotamos los tiempos de cada operación que realizaba el operario con las máquinas que actualmente utilizan, también se utilizó la herramienta Hombre-Máquina, esta herramienta nos fue de gran utilidad para identificar los tiempos muertos tanto del operario y de las máquinas. En la investigación de (Bustamante, 2018) también aplicó estas herramientas que le permitieron desarrollar su propuesta de sistema automatizado.

En el diseño conceptual se planteó tres conceptos solución para el diseño general de la máquina, primero se realizó la definición conceptual del componente principal del sistema de ensacado, luego se evaluó las ventajas y desventajas de cada concepto. Posteriormente, mediante una matriz morfológica de todos los componentes que conformarían el sistema se obtuvo los conceptos solución que fueron tamizados en una matriz de valores ponderados, donde se evaluó la eficiencia, potencia, mantenimiento y costo de la máquina.

En antecedentes mencionados como (Torres & Coronel, 2016; Bustamante, 2018; Jaramillo, 2020) no encontramos esta metodología de diseño, si bien es cierto realizan el diseño para la problemática de cada investigación, pero no presentan otras alternativas que podrían ser viables o mejores que su propuesta actual.

Para el cálculo estructural del contenedor y el dosificador se basó en el método matemático de M. Reimbert y A. Reimbert. Primero se obtuvo las presiones verticales, horizontales y laterales de ambos elementos tomando en cuenta que el producto es granular, para ello se tuvo que considerar el ángulo de reposo del arroz con un porcentaje de humedad promedio del 12 % con los resultados obtenidos se determinó el acero AISI 304, ya que tiene muy buenas propiedades

mecánicas y químicas por ser un acero inoxidable ferrítico resistente a la corrosión, oxidación, presión, etc.

De antecedentes mencionados (Jaramillo, 2018) realizó inicialmente el diseño del contenedor, en este caso el autor propone tres tipos de contenedores y selecciona la mejor alternativa mediante restricciones y criterios ponderados. En nuestra investigación no aplicamos la misma metodología ya que el diseño se basó en la geometría de la tolva que actualmente tiene la empresa, pero como se requirió que la capacidad de almacenamiento sea mayor se procedió a realizar detalladamente los cálculos para el diseño del contenedor y la estructura de soporte. Otro de los puntos importantes que (Jaramillo, 2018) incluyó para evaluación final del diseño de la tolva es la simulación del elemento mecánico mediante el software SolidWorks, pero aplicó directamente una presión que no demuestra como obtuvo ese dato, si bien es cierto en nuestro trabajo no realizamos el análisis mediante software, pero si calculamos con bases científicas cada una de las presiones mencionadas en el párrafo anterior.

Por otro lado, en nuestra investigación se hizo el diseño del dosificador por gravedad en el cual se dimensionó internamente dos contenedores que se encargaran de almacenar la masa requerida (50 kg c/u), el cual tienen una función específica al momento de realizar el llenado de los sacos de arroz. Para el sistema de pesaje se seleccionó celdas de carga del tipo de viga, ya que la fuerza que actuará sobre ellas será el peso del arroz. También se hizo una selección de los cilindros neumáticos encargados de sostener el saco, tomando en cuenta la abertura y el movimiento del bocasaco se determinó cilindros de doble efecto con una carrera de 25mm.

En la investigación de (Bustamante, 2018) no hace mención al sistema de pesaje que ha utilizado para la medición del peso ni tampoco el tipo de bocasaco que se diseñó, pero si concuerda con nuestro trabajo en la incorporación de actuadores neumáticos para sostener el saco. El cálculo y selección de estos elementos tienen una metodología similar ya que el proceso de envasado es el mismo.

Por otra parte, en nuestro diseño se vio importante incorporar un sistema de transporte, recalando que al día de hoy se hace manualmente mediante un

operario que es el encargado de levantar el saco y transportarlo, este proceso repetitivo genera un sobreesfuerzo del trabajador y también demoras para movilizar el producto. Es por ello que para nuestro diseño vimos la necesidad de incluir una faja transportadora y dimensionamiento de los elementos del transportador se basó en la metodología de cálculo de Forbo Movement Systems, que es una empresa líder en el mercado de fabricación de cintas transportadoras.

Por último, siguiendo el proceso de ensacado se encuentra el sistema de cocido, en este caso se basó en la máquina cocedora que tiene la empresa, pero para que tenga una función automática en el sistema se le diseñó una estructura metálica adherida a la estructura del transportador, lo cual aumenta la rapidez del proceso final de ensacado.

Para el diseño del sistema de control utilizamos la plataforma virtual Tia portal V15, previamente determinamos las entradas y salidas del sistema, lo cual nos permitió seleccionar el modelo del PLC, en este caso se seleccionó el S7 1200 de la marca Siemens, ya que es un controlador muy utilizado en industrias con procesos flexibles y además es relativamente económico. En la investigación realizada por (Jaramillo, 2020) muestra un sistema de control que se relaciona con el nuestro, ya que también utilizó el mismo software y el lenguaje tipo escalera. En el caso (Bustamante, 2018) y (Torres & Coronel, 2016) emplean otros modelos de PLC más antiguos pero que cumplen con la función designada en cada variable del sistema diseñado, el lenguaje de programación es el mismo, ya que es fácil de interpretar y muy usado en procesos no tan complejos. Finalmente, la programación del PLC usado en nuestro diseño demostró que cumple con la reducción del tiempo de ensacado.

El análisis económico de la máquina ensacadora de arroz se dividió en tres partes: primero se cotizó el precio de cada uno de los elementos y piezas mecánicas, segundo se evaluó los costos de fabricación en donde intervienen ingenieros, mano de obra y transporte y tercero se incluyó costos adicionales como energía y mantenimiento. El costo final de la máquina es de S/. 33 00.37 y en el análisis económico se obtuvo un retorno de inversión en un plazo muy corto, estos resultados se deben a que el arroz tiene una demanda potencial en el mercado de producción agrícola. En antecedentes de (Torres & Coronel, 2016;

Bustamante, 2018) concuerdan en la evaluación económica y los resultados demuestran que la automatización en los procesos de producción es muy rentable, ya que genera mayor productividad, incremento de la disponibilidad del producto y reducción de costos operativos.

## VI. CONCLUSIONES

Inicialmente se realizó el análisis de la situación actual del proceso de ensacado de la empresa Molino Latino SAC, donde se analizó los indicadores de producción. Se tiene una producción promedio de 82 315.5 kg/día y una productividad de materia prima del 54%. Así mismo mediante los diagramas de Gantt y Hombre- Máquina se determinó un tiempo de ciclo de la etapa de ensacado de 39 segundos. Con el tiempo de ciclo medido y con un tiempo base de 20 horas (2 turnos) se calculó la capacidad máxima diseñada siendo esta igual a 1 846.15 sacos/días y una utilización de capacidad del 89%.

Para elegir el diseño óptimo primero se propuso los nuevos tiempos de ensacado eliminando los tiempos muertos presentados en la Tabla 5. Luego se realizó el diseño conceptual del dosificador y el bocasaco, generando dos conceptos para cada elemento. Con la matriz morfológica se creó 3 conceptos solución para el diseño de la máquina ensacadora y mediante una matriz de criterios ponderados se determinó el concepto solución 1 (Figura 35) como el óptimo para nuestra investigación.

Para el dimensionamiento inicial del equipo se tomó en cuenta las dimensiones generales de la máquina ensacadora tomando en cuenta la capacidad de almacenamiento y dosificado, obteniendo como resultado 2.04 m de alto y un volumen requerido de 5.02 m<sup>3</sup>. Con los cálculos realizados se obtuvieron datos de diseño para la selección de los elementos que conforman la máquina.

Para poder controlar la variable tiempo se diseñó el sistema de control adecuado, se determinó las entradas y salidas de acuerdo a las funciones que va a realizar la máquina, luego se realizó la lógica de control utilizando el PLC S7 1200 el cual se seleccionó por la cantidad de entradas y salidas del sistema. La programación se hizo utilizando la plataforma virtual Tia porta V15 donde se visualizó el funcionamiento lógico del todo el proceso de ensacado. Con la automatización de la etapa de ensacado se pudo disminuir significativamente el tiempo de ciclo a 22 segundos, ya que se eliminó actividades manuales que generaban tiempos muertos. Se obtiene una nueva producción de 163.8 sacos/hora, una capacidad diseñada de 3276 sacos/día y una utilización de capacidad del 100%.

Por último, el costo de implementación es de S/ 33 00.37 y se ha considerado como ingresos el incremento de la producción con el sistema diseñado y en un periodo de 5 meses se obtiene un TIR de 270% y un valor neto actual de S/ 271 874.33, lo cual me indica que el diseño económicamente es viable, debido a que la inversión se recupera obteniendo muchas ganancias. Además, que se obtiene un costo beneficio de 8.27.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En la presente investigación y diseño de la propuesta sé que ha logrado incrementar la productividad con respecto a la 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 mensual, 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.

Es importante implementar un sistema de supervisión, control y adquisición de datos, pues permite al operador conocer el estado de desempeño de la máquina ensacadora.

Se recomienda capacitar a los operarios para operar la máquina con la debida seguridad y conocimiento que se requiera

## REFERENCIAS

Alessio, F., & Benzaquen, J. (2004). Administración y dirección de la producción. Mexico: Quebecor World Perú S.A, 61. Obtenido de: [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25470w/Administracion\\_y\\_direccion\\_de\\_la\\_produccion\\_cap4.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25470w/Administracion_y_direccion_de_la_produccion_cap4.pdf)

Alvarado, A. (2004). Maquinaria y mecanización agrícola. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=OCfKpzcwiOgC&pg=PA385&dq=tipos+de+dosificadores&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjslD72d37AhXsFFkFHVwiCIMQ6AF6BAgPEAI#v=onepage&q&f=false>

Anaya, J. J. (2016). Organización de la Producción Industrial. Madrid: ESIC EDITORIAL.

Bolton, W. (2013). Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. México: Alfaomega Grupo Editor.

Bustamante, L. (2018). Diseño de un sistema automatizado en la etapa de ensacado para incrementar la productividad en la empresa MOLISAM EIRL. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Obtenido de: [http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2201/TL\\_BustamanteTelloLennon.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/2201/TL_BustamanteTelloLennon.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Calderón, C., Campos, P., Coello, K. M., León, A., & Troncos, A. (2017). Nivel de competencia del Sector Molinero en el Departamento de Lambayeque - 2017. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. Obtenido de: <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/molinero-lambayeque.pdf>

Cerdán, L. (2018). Automatismos Neumáticos e Hidráulicos. España: Ediciones Paraninfo SA. Obtenido de : [https://books.google.com.pe/books?id=4\\_p6DwAAQBAJ&pg=PA14&dq=Cilindros+neum%C3%A1ticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiuv7rtnvD7AhU9LLkGHQWQDt0Q6AF6BAgFEAl#v=onepage&q=Cilindros%20neum%C3%A1ticos&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=4_p6DwAAQBAJ&pg=PA14&dq=Cilindros+neum%C3%A1ticos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiuv7rtnvD7AhU9LLkGHQWQDt0Q6AF6BAgFEAl#v=onepage&q=Cilindros%20neum%C3%A1ticos&f=false)

Corona, L. (2014). Sensores y Actuadores. México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=wMm3BgAAQBAJ&pg=PA217&dq=celdas+de+carga&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwixyLSUofD7AhWvL7kGHd6UAE8Q6AF6BAgBEAl#v=onepage&q=celdas%20de%20carga&f=false>

De la Hoz, V. Chacon, S., Caro, M., Stevenson, I., & Huyke, A. (2021). implementación de Diagrama Hombre-Máquina: Caso Laboratorio Estudio del Trabajo. Boletín de innovación, logística y operaciones, p. 5. Obtenido de: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/3861/3823>

Diario El Peruano. (19 de mayo de 2021). Diario El Peruano. Obtenido de: <https://elperuano.pe/noticia/121004-crece-implementacion-de-inteligencia-artificial-en-tiempos-de-pandemia>

DIMONT LTDA. (2022). DESARROLLO INDUSTRIAL MONTES. Obtenido de: <http://dimontltda.com/ensacadoras/>

Equipos y Procesos [EP]. (2022). EP - Equipos y Procesos. Obtenido de: <https://equiposyprocesos.com/ensacadoras/>

Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI). (2020). Perú: Panorama Económico Departamental. Lima: INEI. Obtenido de:

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_panorama\\_2.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_panorama_2.pdf)

Jaramillo Puente, F. (2020). Sistema mecatrónico de ensacado y pesaje de sustrato orgánico mineral para la empresa AAPAPROY CIA. LTDA. Tesis, Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Obtenido de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10718/2/04%20MEC%20322%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Larrodé, E., & Miravete, A. (2006). Transportadores y elevadores. Barcelona: Editorial Raverté S.A. Obtenido de: [https://books.google.com.pe/books?id=boBJEAAAQBAJ&pg=PA170&dq=banda+transportadora&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiH\\_pySh\\_D7AhUbq5UCHR5yAmsQ6AF6BAgOEAI#v=onepage&q=banda%20transportadora&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=boBJEAAAQBAJ&pg=PA170&dq=banda+transportadora&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiH_pySh_D7AhUbq5UCHR5yAmsQ6AF6BAgOEAI#v=onepage&q=banda%20transportadora&f=false)

León, J. (2022). Agencia Agraria de Noticias. Obtenido de: <https://agraria.pe/noticias/importacion-peruana-de-arroz-llego-a-us-56-millones-durante--28772>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2020). Perú: Producción, Importaciones y Precios del arroz. LIMA: MINAGRI. Obtenido de: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230425/nota-informativa\\_arroz\\_02.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230425/nota-informativa_arroz_02.pdf)

Molina, D. (2019). Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza - aprendizaje de electrónica. España: Editorial área de innovación y desarrollo S.L. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=OFyZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Controlador+l%C3%B3gico+programable&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjc2O2AtfD7AhXwqZUCHaGbAksQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q&f=false>

Ruiz, D. (2019). Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipo y máquinas industriales. Málaga: IC Editorial. Obtenido de:

[https://books.google.com.pe/books?id=W1lpEAAAQBAJ&pg=PT62&dq=automatizaci%C3%B3n+vadillo+2019&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjHr\\_PkIOT7AhUpLLkGHQwoDmgQ6AF6B-AgIEAI#v=onepage&q=automatizaci%C3%B3n%20vadillo%202019&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=W1lpEAAAQBAJ&pg=PT62&dq=automatizaci%C3%B3n+vadillo+2019&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjHr_PkIOT7AhUpLLkGHQwoDmgQ6AF6B-AgIEAI#v=onepage&q=automatizaci%C3%B3n%20vadillo%202019&f=false)

Sebastian, F. (2010). Energía de la biomasa (Volumen I). España: Prensas Universitarias de Zaragoza. Obtenido de:

<https://books.google.com.pe/books?id=P58rcPu5O90C&pg=PA164&dq=tipos+de+tolva+o+silo&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjOq9XO6N37AhWPEikFHY6DBM8Q6AF6B-AgDEAI#v=onepage&q=tipos%20de%20tolva%20o%20silo&f=false>

Torres Avilés, J., & Jimenes Coronel, C. R. (2016). Construcción y automatización de pesadora, ensacadora por fluidificación para pegantes cerámicos o cemento. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12898/1/UPS-CT006719.pdf>

USDA. (26 de Julio de 2022). Agencia agraria de noticias. Obtenido de: <https://agraria.pe/noticias/importacion-peruana-de-arroz-llego-a-us-56-millones-durante--28772>

Vásquez Cortés, J. C. (2016). Automatización Electroneumática. Colombia: Ediciones de la U. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=vTOjDwAAQBAJ&pg=PA25&dq=automatizaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiMkMXHt->

[H6AhVIBrkGHYtnB\\_cQ6AF6BAgJEAl#v=onepage&q=automatizaci%C3%B3n&f=false](https://www.google.com/search?q=H6AhVIBrkGHYtnB_cQ6AF6BAgJEAl#v=onepage&q=automatizaci%C3%B3n&f=false)

## **ANEXOS**

**Anexo A:** Matriz de la Operacionalización de las Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Diseño de la máquina ensacadora automatizada</b>	Es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades	Datos para tener en cuenta con respecto a los parámetros generales de diseño del sistema de ensacado.	Sistema Mecánico	Velocidad (rpm) Fuerza (N) Dimensiones (m)	Intervalo
			Sistema Eléctrico	Potencia (hp)	Razón
			Sistema Neumático	Presión (bar) Caudal (L/min)	Razón
			Sistema de Control	Tiempo (s)	Intervalo
<b>Tiempo de producción de la máquina ensacadora de arroz pilado.</b>	Actividad que consiste en el llenado, pesado y cocido del saco arroz en un tiempo determinado	Requerimiento fundamental para establecer el diseño conceptual del sistema de dosificado	Producción	Productividad Capacidad real Capacidad diseñada Tiempo de ensacado Utilización	Intervalo

**Anexo B:** Fichas de observación

**Nombres y Apellidos de los investigadores:**

1. Jorge Jeison Segura Cruz
2. Eduardo Stuart Campos Tafur

**Lugar:** Km 14 Carretera Chiclayo – Ferreñafe

**Fecha:** 06/09/2022

**Objetivo:** Registrar los tiempos de las actividades que conlleva realizar el proceso de ensacado de la empresa Latino SAC.

<b>TIEMPO (seg)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>ACTIVIDAD</b>																				
Poner el saco en la tolva																				
Apertura de la compuerta																				
Llenado del saco																				
Traslado a la balanza																				
Arranque de la balanza																				
Verificar el peso correcto																				
Detener la balanza																				
Traslado a la cosedora																				
Arranque de la cosedora																				
Cocido del saco																				
Detener la cosedora																				
Traslado del saco a los pallets																				

**Nombres y Apellidos de los investigadores:**

1. Jorge Jeison Segura Cruz
2. Eduardo Stuart Campos Tafur

**Lugar:** Km 14 Carretera Chiclayo – Ferreñafe

**Fecha:** 06/09/2022

**Objetivo:** Registrar los tiempos muertos de todo el proceso de ensacado de la empresa Latino SAC para proponer una alternativa de solución.

Operación: Ensacado				
Inicio de diagrama: Llenado del saco				
Fin de diagrama: Sellado del saco				
Operario	Tiempo (seg)	Máquina llenado (1)	Balanza (2)	Máquina cosedora (3)
Arranque de la maquina 1		Trabajando -	Tiempo ocioso-	Tiempo ocioso -
Sostener el saco (llenado)				
Detener a la maquina 1				
Traslado a la balanza		Tiempo ocioso -	Trabajando-	Tiempo ocioso -
Arranque de la balanza				
Verificar el peso correcto				
Detener la balanza				
Traslado a la maquina 2		Tiempo ocioso -	Tiempo ocioso-	Trabajando -
Arranque de la maquina 2				
Sostener el saco (cocido)				
Detener la maquina 2				
Tiempo de ciclo				

## VALORACION DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

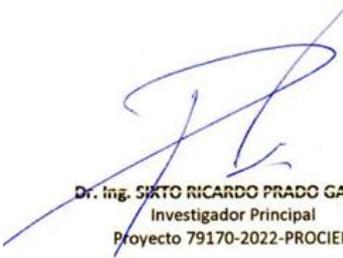
	sí	no
El instrumento contiene ítems claros a observar	x	
El número de ítems es el adecuado.	x	
Los ítems responden a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	x	

<b>ítems que el experto considera no cumplen o faltan a la exigencia de la investigación</b>	
N.º de la(s) ítems(s)	No aplica
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	No aplica

	<b>Evaluación general del Instrumento</b>			
	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
Validez de contenido del Instrumento		x		

<b>Observaciones y recomendaciones en general de la ficha de observación:</b>	
Motivos por los que se considera no adecuada	No aplica
Motivos por los que se considera no pertinente	No aplica
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	No aplica

## Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	Sixto Ricardo Prado Gardini
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Investigador Principal de Proyectos de Desarrollo Tecnológico Doctor en Robótica y Automatización
<b>e-mail</b>	<a href="mailto:pgardini@ucvvirtual.edu.pe">pgardini@ucvvirtual.edu.pe</a>
<b>Teléfono o celular</b>	946603750
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	06 de septiembre del 2022
<b>Firma</b>	  Dr. Ing. SIXTO RICARDO PRADO GARDINI Investigador Principal Proyecto 79170-2022-PROCIENCIA

## Anexo C: Propiedades mecánicas del acero AISI 430

### EJES ACERO INOXIDABLE

#### Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304

Descripción: Acero Inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo.

Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc...

Largo: 6 mts



#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

#### PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

#### DIMENSIONES

##### DIÁMETRO

3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

EJES

**Anexo D:** Coeficientes de seguridad para soldadura

<b>Tipo de soldadura, carga</b>	$n_s$
Soldadura a tope con carga de tracción	1,6-2,2
Soldadura a tope con carga de plegado	1,5-2
Soldadura a tope con carga de corte	2-3
Soldadura a tope con carga	1,4-2,7
Soldadura de empalme en el plano de unión de la pieza	2-3
Soldadura de empalme con carga espacial	1,4-2,7
Soldadura en tapones y para acanalado	2-3
Soldadura en tapones (resistentes) con carga de corte	1,6-2,2
Soldadura en tapones (resistentes) con carga de desgarramiento	2,5-3,3

## Anexo E: Especificaciones técnicas de la célula de carga

### Type H6G Load Cell



#### Short description



- Nickel plated alloy steel IP66 single point load cell
- Suitable for single or double load cell structured platform scales
- Maximum platform size: 600 x 600 mm

Non OIML approved

#### Available models

Capacity	Accuracy	Full article description
100kg	C3	H6G-C3-100kg-3B6
150kg	C3	H6G-C3-150kg-3B6
200kg	C3	H6G-C3-200kg-3B6
250kg	C3	H6G-C3-250kg-3B6
300kg	C3	H6G-C3-300kg-3B6
500kg	C3	H6G-C3-500kg-3B6
600kg	C3	H6G-C3-600kg-3B6

Specifications and dimensions are subject to change without notice and do not constitute any liability whatsoever.

Zemic Europe B.V.  
Leerlooierstraat 8  
4871 EN Etten-Leur  
The Netherlands

Nr. 2014.11 H6G Rev2

1/3

T: +31 76 50 39480  
F: +31 76 50 39481  
info@zemic.nl

[www.zemiceurope.com](http://www.zemiceurope.com)

# Type H6G Load Cell



## Technical specifications H6G

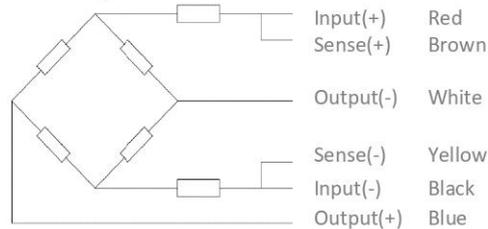
Accuracy class		C3		
Output sensitivity ( = FS )	mV/V	2.0 ± 0.2		
Maximum capacity ( E <sub>max</sub> )	kg	100, 150, 200, 250, 300, 500, 600		
Max. number of load cell intervals	n <sub>LC</sub>	3000		
Ratio of min. LC verification interval	Y = E <sub>max</sub> / V <sub>min</sub>	7500		
Combined Error	%FS	≤ ± 0.0230		
Minimum dead load	Of E <sub>max</sub>	0%		
Safe overload	of E <sub>max</sub>	150 %		
Ultimate overload	of E <sub>max</sub>	300 %		
Zero balance	of FS	< ± 1.0 %		
Excitation, recommended voltage	V	5 ~ 12		
Excitation maximum	V	18		
Input resistance	Ω	384 ± 4		
Output resistance	Ω	351 ± 2		
Insulation resistance	MΩ	≥5000 ( at 50VDC )		
Compensated temperature	°C	-10 ~ +40		
Operating temperature	°C	-35 ~ +65		
Storage temperature	°C	-40 ~ +70		
Element material		Nickel plated alloy steel		
Ingress Protection (acc. to EN 60529)		IP66		
Recommended torque on fixation	Nm	M8: 25		
ATEX classification (optional)		II1G Ex ia II1C T4	II1D Ex iaD 20 T73°C	II3G nL IIC T4

## Wiring

### Features:

Shielded, 6 conductor cable  
 Cable diameter: Ø6mm  
 Standard cable length: 3m  
 Shield connected to element

### 6-wire diagram



Specifications and dimensions are subject to change without notice and do not constitute any liability whatsoever.

Zemic Europe B.V.  
 Leerlooierstraat 8  
 4871 EN Etten-Leur  
 The Netherlands

Nr. 2014.11 H6G Rev2

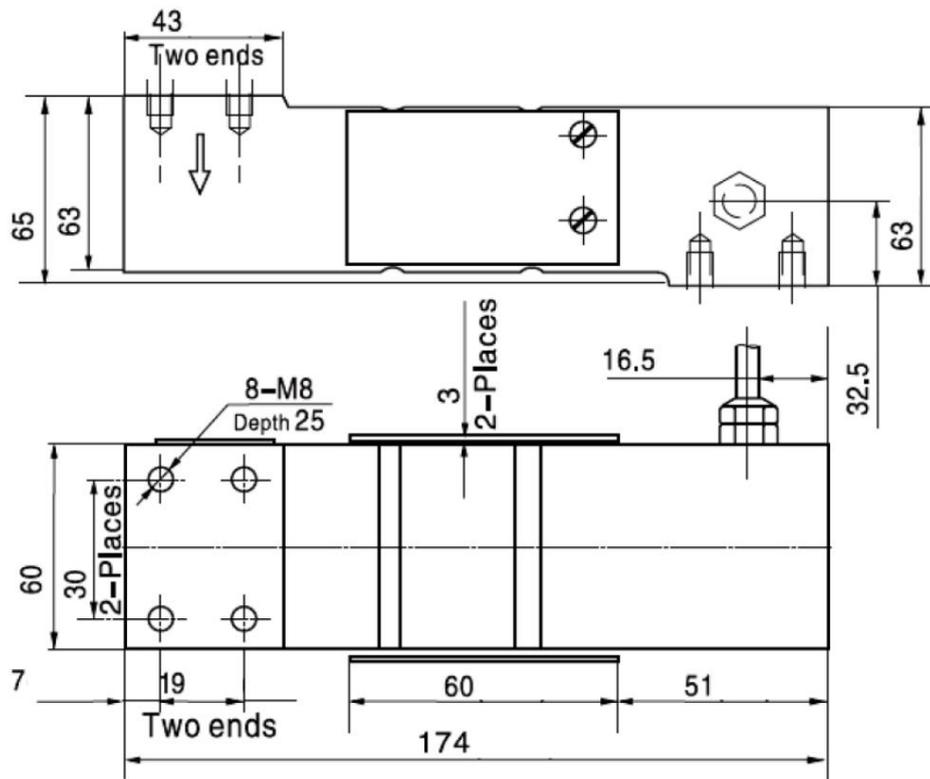
2/3

T: +31 76 50 39480  
 F: +31 76 50 39481  
 info@zemic.nl  
[www.zemicurope.com](http://www.zemicurope.com)

# Type H6G Load Cell



Dimensions in mm



# Anexo F: Datos técnicos para la selección de los cilindros neumáticos

**CILINDROS NORMAS ISO 15552 / ISO 6431 / VDMA 24562**  
SERIE CA

**Art**

Doble efecto  
Ø 32 ... 200 mm



### Características

- Normas: ISO 15552  
ISO 6431  
VDMA 24562
- Modelos con embolo magnético para control de posición
- Los interruptores magnéticos quedan integrados en el perfil
- Los cilindros de 160 y 200 mm poseen sensores ocultos, camisa tipo mickey mouse
- Amortiguación regulable en ambas cabezas
- No requieren lubricación

### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido Filtrado,  
lubricado o no lubricado

Presión de Trabajo:  
1 a 10 Bar ~ 14,5 a 145 PSI

Temperatura de Trabajo:  
-20°C a 80°C ~ -4°F a 176°F

Kit de Alta Temperatura:  
Hasta 150°C ~ 302°F

Amortiguación:  
Neumática, Regulable

### Materiales

Perfil:  
Aluminio inyectado

Cabezas:  
Aluminio inyectado

Vástago:  
Acero al carbón con 20µ de  
superficie cromo-endurecida  
Opcional: Acero Inoxidable

Empaques:  
TPU (Poliuretano Termoplástico)  
NBR

### Modelos Standard

Carrera mm (Pulg)	Diámetro del cilindro en milímetros								
	32	40	50	63	80	100	125	160	200
25 (1")	CA32025	CA40025	CA50025	CA63025	CA80025	CA100025	CA125025X	CA160025X	CA200025X
50 (2")	CA32050	CA40050	CA50050	CA63050	CA80050	CA100050	CA125050X	CA160050X	CA200050X
75 (3")	CA32075	CA40075	CA50075	CA63075	CA80075	CA100075	CA125075X	CA160075X	CA200075X
100 (4")	CA32100	CA40100	CA50100	CA63100	CA80100	CA100100	CA125100X	CA160100X	CA200100X
125 (5")	CA32125	CA40125	CA50125	CA63125	CA80125	CA100125	CA125125X	CA160125X	CA200125X
150 (6")	CA32150	CA40150	CA50150	CA63150	CA80150	CA100150	CA125150X	CA160150X	CA200150X
175 (7")	CA32175	CA40175	CA50175	CA63175	CA80175	CA100175	CA125175X	CA160175X	CA200175X
200 (8")	CA32200	CA40200	CA50200	CA63200	CA80200	CA100200	CA125200X	CA160200X	CA200200X
250 (10")	CA32250	CA40250	CA50250	CA63250	CA80250	CA100250	CA125250X	CA160250X	CA200250X
300 (12")	CA32300	CA40300	CA50300	CA63300	CA80300	CA100300	CA125300X	CA160300X	CA200300X
350 (14")	CA32350	CA40350	CA50350	CA63350	CA80350	CA100350	CA125350X	CA160350X	CA200350X
400 (16")	CA32400	CA40400	CA50400	CA63400	CA80400	CA100400	CA125400X	CA160400X	CA200400X
450 (18")	CA32450	CA40450	CA50450	CA63450	CA80450	CA100450	CA125450X	CA160450X	CA200450X
500 (20")	CA32500	CA40500	CA50500	CA63500	CA80500	CA100500	CA125500X	CA160500X	CA200500X
600 (24")	CA32600	CA40600	CA50600	CA63600	CA80600	CA100600	CA125600X	CA160600X	CA200600X
700 (28")	CA32700	CA40700	CA50700	CA63700	CA80700	CA100700	CA125700X	CA160700X	CA200700X
800 (32")	CA32800	CA40800	CA50800	CA63800	CA80800	CA100800	CA125800X	CA160800X	CA200800X
900 (36")	CA32900	CA40900	CA50900	CA63900	CA80900	CA100900	CA125900X	CA160900X	CA200900X
1000 (40")	CA321000	CA401000	CA501000	CA631000	CA801000	CA1001000	CA1251000X	CA1601000X	CA2001000X
1100 (44")							CA1251100X	CA1601100X	CA2001100X
1200 (48")							CA1251200X	CA1601200X	CA2001200X
1300 (52")							CA1251300X	CA1601300X	CA2001300X
1400 (56")							CA1251400X	CA1601400X	CA2001400X
1500 (60")							CA1251500X	CA1601500X	CA2001500X
Ø Vástago	12 mm	16 mm	20 mm	20 mm	25 mm	25 mm	32 mm	40 mm	40 mm
Conexión	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G3/4
Empaques	CAK032	CAK040	CAK050	CAK063	CAK080	CAK100	CAK125	CAK160	CAK200
Alta Temp.	CAKA032	CAKA040	CAKA050	CAKA063	CAKA080	CAKA100	CAKA125	CAKA160	

\* Para carreras no standard y cilindros de doble vástago consulte con su distribuidor

**Art**

Cilindros-09

## Anexo G: Ficha técnica del compresor para el sistema neumático



Compresores de Pistón

### Pratic Air CSI 7,4/30 con ruedas

Los compresores Pratic Air son versátiles para quienes buscan soluciones confiables y de alto rendimiento. Esta línea es ideal para tareas cortas como inflar neumáticos o botes y en el uso intenso en carpinterías, talleres y muchas otras ramas de pequeñas empresas. Elija su opción.

[Descargar Manual](#)

#### Datos Técnicos

Desplazamiento Teórico (pcm)	5,4
Deslocamento teórico (l/min)	153
Potencia del Motor (hp)	1,5
Potencia del Motor (kW)	1,1
Presión de Trabajo Máxima (bar)	8,6
Presión de Trabajo Máxima (lbf/pulg <sup>2</sup> )	125
Presión de Trabajo Mínima (bar)	6,2
Presión de Trabajo Mínima (lbf/pulg <sup>2</sup> )	90
Unidad Compresora - N° de Etapas	1
Unidad Compresora - N° de Pistones	1
Volumen del Depósito de Aire (L)	30

## Anexo H: Datos técnicos de la banda transportadora

Programa de suministro estándar	Datos técnicos, propiedades y recomendaciones, aplicaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/m <sup>2</sup> ]	Fuerza de tracción con un 1% de alargamiento después de la relajación (k <sub>rel</sub> ) [N/mm de ancho]*	d <sub>min</sub> aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]	Dureza del recubrimiento de la cara de transporte según DIN 53505 [Shore A]	Ancho estándar/ancho máx. suministrado [mm]
<b>A – Poliolefina</b>									
	E 2/1 A2/A2 NA-TT beige	900361	0,75	0,7	2,5	30 <sup>1)</sup>	-10/+60	90	3000
	E 2/1 A2/A2 TT azul	906647	0,75	0,7	2	30 <sup>1)</sup>	-10/+60	90	3000/4300 <sup>4)</sup>
	E 4/2 A0/A2 MT-HACCP blanco FDA	906660	1,3	1,15	5	60 <sup>8)/r5</sup>	-10/+60	92	3000 <sup>3)</sup>
	E 8/2 0/A4 MT-TT transparente	906773	2,2	2	6	60	-10/+60	90	3000 <sup>3)</sup>
	E 9/2 A5/A5 NP/GL-TT transparente	900346	3,5	3	9	90	-10/+60	90	3100 <sup>3)</sup>
	E 9/2 A0/A5 VN-TT transparente	900344	4,8	3,3	7	90	-10/+60	86	1450 <sup>3)</sup>
	E 10/2 E0/A4 TT transparente	906652	2,25	2	8	60	-10/+60	90	4350 <sup>3)</sup>
	E 10/2 E0/A5 TT transparente	906505	2,6	2,4	7,5	60	-10/+60	90	4250 <sup>3)</sup>
	E 12/2 A0/A3 MT-TT verde	900347	1,8	1,8	11,5	60	-10/+80	95	3100 <sup>3)</sup>
	E 12/2 A0/A3 MT-TT transparente	906583	1,8	1,8	11,5	60	-10/+80	95	3100 <sup>3)</sup>
<b>C/O – Algodón/tejido, sin recubrimiento</b>									
	E 2/2 0/V/0 blanco FDA	906570	1,5	1,7	2	40 <sup>8)/r3</sup>	-10/+70		1500 <sup>3)</sup>
	E 2/2 U0/U/0 transparente FDA	906735	1,1	1,2	3,5	40 <sup>8)/r3</sup>	-30/+100		3000
	E 3/2 U0/U/C FINE blanco	999638	1,4	1,4	2,5	40 <sup>8)/r3</sup>	-10/+100		1350
	E 3/2 U0/U/C ROUGH azul	906729	2	1,7	2,5	40 <sup>8)/r3</sup>	-30/+100		2900
	E 3/2 U0/U/C ROUGH transparente	906667	2	1,7	2,5	40 <sup>8)/r3</sup>	-30/+100		3000
	E 5/2 0/0 transparente	900104	1,45	1,5	1,5	24	-10/+70		3100 <sup>3)</sup>
	E 20/3 0/V/0 SE gris	906734	3	3,5	15	125	-10/+70		3100 <sup>3)</sup>
<b>E – Poliéster</b>									
	E 3/1 E0/E0 TT transparente	900339	0,9	0,65	3	40 <sup>8)/r3</sup>	-30/+100		3500/4700 <sup>4)</sup>
	E 3/1 E2/E2 MT/GL-C-TT transparente	900340	1,15	1,3	4,5	24	-30/+100	92	2870
	E 8/2 E0/E0 TT transparente	900342	1,3	1,2	5,5	24	-30/+100		3100 <sup>3)</sup>
	E 10/2 E0/E10 VN-TT transparente	900343	4,4	3,3	13	60	-30/+100	92	1500 <sup>3)</sup>
	E 12/2 E0/E3 MT-TT transparente	900348	1,7	1,8	10,5	50/d16	-30/+100	92	3100 <sup>3)/4550<sup>4)</sup></sup>
	E 12/2 E3/E3 STR/MT-TT transparente	900349	2,2	2,45	12	50	-30/+100	92	3100 <sup>3)</sup>
	E 18/3 E0/E3 MT-TT transparente	900350	2,6	2,8	14	60	-30/+100	92	3000 <sup>3)</sup>
<b>G – Goma</b>									
	E 3/2 U0/G8 NSTR verde	900369	2	2	3,5	30	-30/+100	65	1450 <sup>3)/2240<sup>4)</sup></sup>
	E 3/2 U0/G10 STR verde	900314	2	2,2	5	30	-30/+100	65	1500 <sup>3)/2400<sup>4)</sup></sup>
	E 12/2 U0/G10 GSTR verde	900319	2,5	2,6	8,5	60	-30/+100	65	1500 <sup>3)/2400<sup>4)</sup></sup>
	E 12/2 U0/G20 AR negro	906447	5,5	4	7	90	-30/+100	65	1450 <sup>3)/2400<sup>4)</sup></sup>
	E 12/2 U0/G20 AR verde	906217	5,5	4	8	90	-30/+100		1450 <sup>3)/2400<sup>4)</sup></sup>
	E 12/2 U0/G20H AR verde	906216	5,5	4	9	90	-30/+100	75	1450 <sup>3)/2400<sup>4)</sup></sup>
<b>L – Cuero</b>									
	E 8/2 U0/L25 gris plata	900418	4,45	4,5	7,5	90 <sup>9)</sup>	-10/+70		1050 <sup>3)</sup>
<b>N/F/Z-NOVO/fieltro de poliéster/capa de poliéster</b>									
	E 2/1 0/V/NOVO NA-Q gris	906500	1,65	1,45	1,5	24	-10/+70		1400
	E 6/1 U0/F20 blanco	900130	2,5	1,4	4	50 <sup>8)/r4</sup>	-30/+100		1500 <sup>3)</sup>
	E 10/1 U1/Z30 Q blanco	906707	4,2	1,9	8	40	-30/+100		1450
	NOVO 25 NA verde	906633	2,5	1,3	7	40	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 25 NA blanco FDA	996160	2,5	1,3	7	40	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 25 HC negro	900195	2,8	1,3	7	40	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 25 HC-SE negro	906235	2,8	1,3	7	40	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 40 NA verde	900222	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 40 HC negro	900221	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 40 HC-SE negro	906236	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 40 NA SM/SM blanco FDA	900429	4	2,2	7,5	90	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 60 NA verde	900285	5,5	3,1	8	125	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 60 HC negro	900286	5,5	3,1	8	125	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
	NOVO 60 HC-SE negro	906237	5,5	3,1	8	125	-10/+120		2000 <sup>3)</sup>
<b>P – Poliamida</b>									
	E 4/1 P2/P2 MT/MT-HC negro	906396	0,75	0,8	3,5	60	-30/+100	75	3500
	E 4/2 U0/P2 MT-HC negro	906212	0,9	0,9	4	60	-30/+100	75	3500 <sup>3)</sup>
	E 10/2 0/P2 GL transparente	906459	1,9	1,9	11	40	-10/+100		3100
	E 15/2 P2/P2 GL/GL transparente	906515	1,9	2	7	125	-10/+100	63	2000 <sup>3)</sup>
<b>R – HighGrip</b>									
	E 4/1 U0/R2 HACCP-FF blanco FDA	906665	1,15	1,15	3	40 <sup>8)/r3</sup>	-30/+100	55	3100
	E 4/2 U0/R2 HACCP-FF blanco FDA	906705	1,35	1,55	5	60 <sup>8)/r3</sup>	-30/+100	76	3100 <sup>3)</sup>
	E 8/2 0/R10 S/LG negro	906630	2,5	2,3	7,5	40	-30/+100	55	3000
	E 8/2 U0/R15 LG-SE negro	906706	3,2	3	8	60	-30/+100	45	3000 <sup>3)</sup>

## Anexo I: Ficha técnica del modelo de banda seleccionado

**DATA  
SHEET**

**siegling transilon**  
conveyor and processing belts

Ficha técnica

### **E 12/2 U0/UH transparente**



Art. No.: 900042

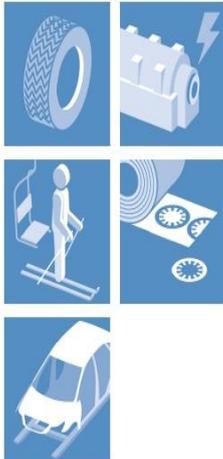
M 1:2

#### **Aplicaciones**

Transporte general	transporte horizontal
Industria de neumáticos	Calandrias ; Goma de extrusión y enfriamiento ; construcción de los neumáticos ; Corte de cuerdas neumáticos

#### **Información de la orden**

número de artículo	900042
Especialmente adecuado para las paredes laterales corrugadas	No
Ancho de entrega estándar	3100 mm / 122.05 in
Costura longitudinal es posible	sí



**E 12/2 U0/UH transparente**

**construcción**

número de artículo	900042
Material de la superficie superior	Impregnación de Poliuretano, ciervo
Estructura de la superficie	tela
Color	transparente
Material de la superficie de conducción	impregnación de Poliuretano
Estructura de la superficie	tela
Color	transparente
Material del miembro de tensión	Tela excepcionalmente transversalmente rígido de urdimbre de poliéster y trama
Número de capas de tela	2
Superficie de conducción de tejido	amadura de tela cruzada, bajo nivel de ruido

**datos técnicos**

El espesor total	1.45 mm ± 0.15 0.057 in ± 0.006
peso	1.5 kg/m <sup>2</sup> ± 0.15 0.307 lbs/ft <sup>2</sup> ± 0.031
valor k1% relajado (tracción efectiva al 1% de alargamiento), creado de conformidad con la norma ISO 21181:2005	8.5 N/mm / 48.54 lbf/in
Fuerza de ruptura	230 N/mm / 1313 lbf/in
Alargamiento de rotura longitudinal	26 %
Elongación mínima en el ajuste	0.3 %
Elongación en el máximo ajuste	1 %
Coeficiente de fricción de la superficie de conducción contra el panel de acero (según el estándar de la prueba interna ISO 21182)	0.19
Coeficiente de fricción de la cara superior contra el panel de acero (según el estándar de la prueba interna ISO 21182)	0.27
Temperatura de servicio admisible	-30/100 °C, durante un tiempo corto 120 °C -22/212 °F, durante un tiempo corto 248 °F

## Anexo J: Coeficiente de fricción $F_w$ para el material de las guías de desgaste

Material de las guías de desgaste	Materiales estándar <sup>1</sup>									
	Polipropileno				Poliétileno		Acetal		Acetal HSEC	
	Superficie lisa		Superficie abrasiva <sup>2</sup>		Superficie lisa		Superficie lisa		Superficie lisa	
	Húme- do	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
UHMW	0,11	0,13	NR	NR	0,24	0,32 <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
HDPE	0,09	0,11	NR	NR	NR	NR	0,09	0,08	0,09	0,08
Niñón modificado con molibde- no o silicona	0,24	0,25	0,29	0,30	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13	0,15
Acero inoxidable o al carbono con acabado laminado en frío	0,26	0,26	0,31	0,31	0,14	0,15	0,18	0,19	0,18	0,19

## Anexo K: Coeficiente de fricción $F_p$ del material del envase

Material del envase	Materiales estándar <sup>4, 5</sup>							
	Polipropileno		Poliétileno <sup>6</sup>		Acetal		Acetal HSEC	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Vidrio	0,18	0,19	0,08	0,09	0,13	0,14	0,13	0,14
inoxidable	0,26	0,32	0,10	0,13	0,13	0,13	0,19	0,20
Plástico	0,11	0,17	0,08	0,08	0,13	0,16	0,13	0,16
Cartón	—	0,21	—	0,15	—	0,18	—	0,18
Aluminio	0,40	0,40	0,20	0,24	0,33	0,27	0,33	0,27

Nota: Las bandas que funcionan en seco en un sistema transportador con acumulación de producto pueden, según la velocidad y el peso, desgastar una superficie dura de la banda. La superficie dura puede incrementar de forma sustancial el coeficiente de fricción.

## Anexo L: Coeficiente de Servicio para banda transportadora a granel

MAQUINA ACCIONADA TIPO DE MAQUINA	FACTOR $f_s$ fs FACTOR hs. de Servicio Service hrs.			APPLICATIONS AND INDUSTRY DRIVEN MACHINE
	8	16	24	
<b>EXCAVADORAS Y DRAGAS</b>				<b>DREDGERS</b>
Excavadoras de cangilones (cadena fija)	1,65	1,8	1,8	Bucket excavator
Excavadoras de cangilones (cadena suelta)	1,5	1,6	1,6	Trench machine
Traslación por orugas	1,65	1,8	1,8	Travelling gear (caterpillar)
Traslación por rieles	1,5	1,6	1,6	Travelling gear (rails)
Bombas de aspiración	1,4	1,5	1,6	Suction pumps
Apiladoras de cangilones	1,4	1,5	1,6	Bucket loader
Ruedas de cangilones	1,65	1,8	1,8	Bucket wheels
Cabezales de corte	1,65	1,8	1,8	Cutter heads
Dispositivo de viraje	1,65	1,8	1,8	Manoeuvring winches
<b>TRITURACION Y MOLIENDA (cemento-cal-yeso)</b>				<b>STONE AND CLAY WORKING MACHINES</b>
Trituradoras de mandíbulas	1,65	1,8	1,8	Jaw crushers
Trituradoras de cono	1,65	1,8	1,8	Cone crushers
Trituradoras rotativas	1,65	1,8	1,8	Gyratory crushers
Quebrantadoras rotativas	1,65	1,8	1,8	Rotary breakers
Hornos rotativos	1,8	2	2	Rotary ovens
Sopladores	1,4	1,5	1,5	Blowers
Zarandas vibratorias	1,5	1,6	1,6	Vibrating screens
Molinos de martillos	1,8	2	2	Hammer mills
Molinos de bolas	1,65	1,8	1,8	Ball mills
Molinos de percusión	1,9	2,1	2,1	Beater mills
Molinos tubulares	1,8	2	2	Tube mills
Machacadoras	1,8	2	2	Breakers
<b>MAQUINAS PARA EL CAUCHO</b>				<b>RUBBER MACHINERY</b>
Calandras	1,5	1,6	1,6	Calenders
Amasadoras	1,65	1,8	1,8	Pugmills
Extrusoras	1,65	1,8	1,8	Extruders
Laminadoras	1,65	1,8	1,8	Rolling mills
Mezcladoras	1,5	1,6	1,6	Mixers
<b>TRANSPORTE Y ALMACENAJE</b>				<b>CONVEYORS</b>
Montacargas	1,5	1,6	1,6	Hoists
Elevadores de personas	1,8	2,0	2,0	Passenger lifts
Elevadores inclinados	1,65	1,8	1,8	Inclined hoists
Elevadores de cangilones (rocas)	1,65	1,8	1,8	Bucket elevators (piece goods)
Elevadores de cangilones (granos)	1,5	1,6	1,6	Bucket elevators (bulk material)
Transportadores a cadena (redlers)	1,5	1,6	1,6	Chain conveyors
Transportadores de cangilones	1,5	1,6	1,6	Bucket conveyors
Transportadores circulares	1,5	1,6	1,6	Circular conveyors
Roscas transportadoras	1,15	1,4	1,5	Screw conveyors
Bandas transportadoras (granel)	1,15	1,4	1,5	Belt conveyors (bulk material)
Transportadores de banda (articulados)	1,3	1,5	1,7	Apron conveyors
Transportadores de cinta de acero	1,5	1,6	1,6	Steel belt conveyors
Bandas transportadoras (bultos grandes)	1,3	1,5	1,7	Belt conveyors (piece goods)
Transportadores de placas	1,5	1,6	1,6	Band pocket conveyors
Tornos de elevación	1,5	1,6	1,6	Ballast elevators

## Anexo M: Preselección del motorreductor

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO		Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)			(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
2,20 kW	3,00 HP	13,2	71,36	F2T3	3,00 /6	1,05	1558	940	1950	975	92	pag 48-49	pag 66
		13,0	106,42	F2T3	3,00	1,05	1543	1415	1950	975	78	pag 48-49	pag 66
		16,0	89,30	F2T3	3,00	1,25	1295	1415	1950	975	78	pag 48-49	pag 66
		17,0	81,42	F2T3	3,00	1,40	1181	1415	1950	975	78	pag 48-49	pag 66
		20,0	71,36	F2T3	3,00	1,60	1035	1415	1950	975	78	pag 48-49	pag 66
		22,0	63,67	F2T3	3,00	1,75	923	1415	1580	790	78	pag 48-49	pag 66
		24,0	60,15	F2T3	3,00	1,85	872	1415	1580	790	78	pag 48-49	pag 66
		28,0	51,33	F2T3	3,00	2,20	744	1415	1580	790	78	pag 48-49	pag 66
		32,0	44,23	F2T3	3,00	2,55	641	1415	1580	790	78	pag 48-49	pag 66
		33,0	42,70	F2T3	3,00	2,65	619	1415	1580	790	78	pag 48-49	pag 66
		<b>37,0</b>	<b>38,37</b>	<b>F2T3</b>	<b>3,00</b>	<b>2,95</b>	<b>556</b>	<b>1415</b>	<b>1580</b>	<b>790</b>	<b>78</b>	<b>pag 48-49</b>	<b>pag 66</b>
		39,0	35,99	F2T3	3,00	3,15	522	1415	1580	790	78	pag 48-49	pag 66
		42,0	33,47	F2T3	3,00	3,35	485	1415	1460	730	78	pag 48-49	pag 66
		46,0	30,71	F2T3	3,00	3,45	445	1415	1460	730	78	pag 48-49	pag 66
		53,0	26,46	F2T3	3,00	3,75	384	1415	1460	730	78	pag 48-49	pag 66
		20,4	69,30	F1T3	3,00	0,95	1005	1415	1250	625	59	pag 48-49	pag 66
		24,3	58,29	F1T3	3,00	1,10	845	1415	1120	560	59	pag 48-49	pag 66
		25,1	56,47	F1T3	3,00	1,20	819	1415	1120	560	59	pag 48-49	pag 66
		28,5	49,64	F1T3	3,00	1,30	720	1415	1120	560	59	pag 48-49	pag 66
		29,8	47,50	F1T3	3,00	1,45	689	1415	1120	560	59	pag 48-49	pag 66
33,2	42,67	F1T3	3,00	1,50	619	1415	1120	560	59	pag 48-49	pag 66		
38,0	36,93	F1T3	3,00	1,75	535	1415	1120	560	59	pag 48-49	pag 66		
41,0	34,77	F1T3	3,00	1,95	504	1415	910	455	59	pag 48-49	pag 66		
47,0	30,09	F1T3	3,00	2,25	436	1415	910	455	59	pag 48-49	pag 66		
56,0	25,39	F1T2	3,00	2,45	374	1415	910	455	58	pag 48-49	pag 66		
67,0	21,14	F1T2	3,00	2,75	311	1415	760	380	58	pag 48-49	pag 66		

## Anexo N: Selección del modelo final del motorreductor

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO		Factor de Seguridad	Momento Util	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)			(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
3,00 kW	4,00 HP	28,0	49,50	F3T3	4,00	3,55	964	1405	2500	1250	125	pag 48-49	pag 66
		16,0	89,30	F2T3	4,00	0,95	1739	1405	1950	975	85	pag 48-49	pag 66
		17,0	81,42	F2T3	4,00	1,05	1585	1405	1950	975	85	pag 48-49	pag 66
		20,0	71,36	F2T3	4,00	1,20	1390	1405	1950	975	85	pag 48-49	pag 66
		22,0	63,67	F2T3	4,00	1,35	1240	1405	1580	790	85	pag 48-49	pag 66
		23,0	60,15	F2T3	4,00	1,40	1171	1405	1580	790	85	pag 48-49	pag 66
		27,0	51,33	F2T3	4,00	1,65	1000	1405	1580	790	85	pag 48-49	pag 66
		32,0	44,23	F2T3	4,00	1,90	861	1405	1580	790	85	pag 48-49	pag 66
		33,0	42,70	F2T3	4,00	2,00	831	1405	1580	790	85	pag 48-49	pag 66
		<b>37,0</b>	<b>38,37</b>	<b>F2T3</b>	<b>4,00</b>	<b>2,20</b>	<b>747</b>	<b>1405</b>	<b>1580</b>	<b>790</b>	<b>85</b>	<b>pag 48-49</b>	<b>pag 66</b>
		39,0	35,99	F2T3	4,00	2,35	701	1405	1580	790	85	pag 48-49	pag 66
		42,0	33,47	F2T3	4,00	2,50	652	1405	1460	730	85	pag 48-49	pag 66
		46,0	30,71	F2T3	4,00	2,60	598	1405	1460	730	85	pag 48-49	pag 66
		53,0	26,46	F2T3	4,00	2,85	515	1405	1460	730	85	pag 48-49	pag 66
		60,0	23,29	F2T2	4,00	3,10	461	1405	1200	600	83	pag 48-49	pag 66
		70,0	20,07	F2T2	4,00	3,50	397	1405	1200	600	83	pag 48-49	pag 66
		80,0	17,47	F2T2	4,00	3,90	346	1405	940	470	83	pag 48-49	pag 66
		28,3	49,64	F1T3	4,00	1,00	967	1405	1120	560	66	pag 48-49	pag 66
		29,6	47,50	F1T3	4,00	1,05	925	1405	1120	560	66	pag 48-49	pag 66
		32,9	42,67	F1T3	4,00	1,15	831	1405	1120	560	66	pag 48-49	pag 66
38,0	36,93	F1T3	4,00	1,30	719	1405	1120	560	66	pag 48-49	pag 66		
40,0	34,77	F1T3	4,00	1,45	677	1405	910	455	66	pag 48-49	pag 66		
47,0	30,09	F1T3	4,00	1,70	586	1405	910	455	66	pag 48-49	pag 66		
55,0	25,39	F1T2	4,00	1,85	502	1405	910	455	65	pag 48-49	pag 66		
66,0	21,14	F1T2	4,00	2,10	418	1405	760	380	65	pag 48-49	pag 66		
68,0	20,69	F1T2	4,00	2,10	409	1405	760	380	65	pag 48-49	pag 66		

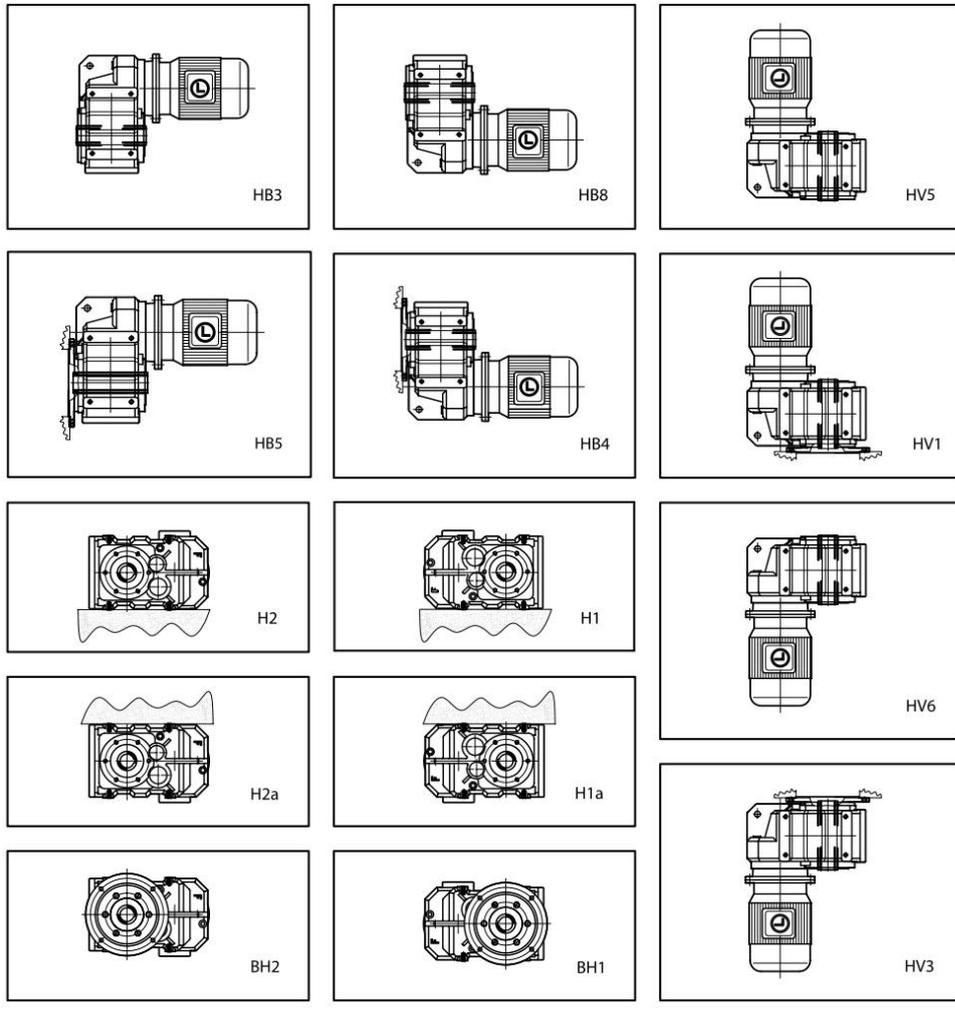
## Anexo Ñ: Selección del modelo final del motorreductor

### POSICIONES DE MONTAJE

#### MOUNTING POSITIONS

SERIE "F" (CON EJE HUECO)

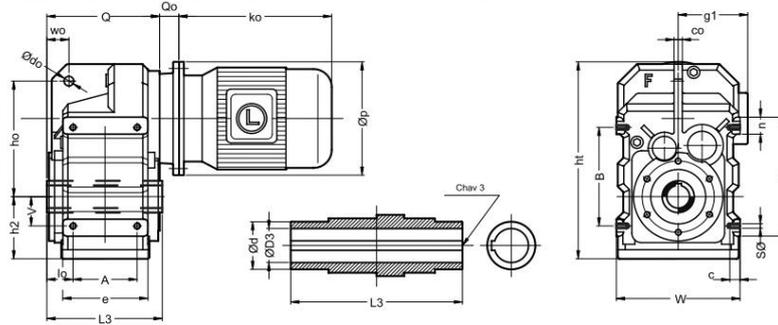
TYPE "F" (WITH HOLLOW SHAFT)



# Anexo O: Dimensiones del motorreductor

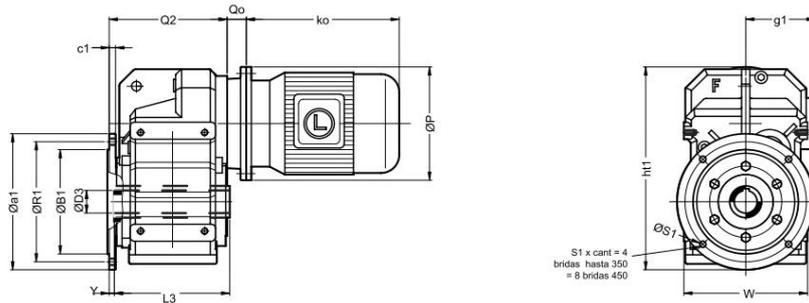
**TABLA DE MEDIDAS - SERIE "F-HU" (CON EJE DE SALIDA HUECO)**

**OVERALL DIMENSIONS - TYPE "F-HU" (WITH OUTPUT HOLLOW SHAFT)**



Modelo	D3Ø	L3	chav 3 keyway 3	A	B	SØ	V	lo	Q	Q0			Q2		W	B1Ø	R1Ø				
Model										EC71	EC80-90	EC100-112	EC132	EC160-180							
F00T	mm 30	135	8x7	77	115	M8	31	25.5	134	20	35	42	---	---	148	165	130	165			
	inch 1.188	5.316	1/4 x 1/8	3.116	4.12	UNC 5/16"	1.174	1	5.174	25/32	1.378	1.21/32	---	---	5.13/16	6.496	5.118	6.1/2			
F0T	mm 35	175	10x8	93	145	M10	43	43	169	20	35	42	---	---	176	180	180	215			
	inch 1.375	6.78	5/16 x 5/32	3.11/16	5.11/16	UNC 3/8"	1.11/16	1.11/16	6.58	25/32	1.378	1.21/32	---	---	6.15/16	7.087	7.087	8.15/32			
F1T	mm 40	200	12x8	112	190	M12	60	41.5	194	20	35	42	64	---	206	212	230	265			
	inch 1.625	7.78	3/8 x 3/16	4.71/16	7.1/2	UNC 1/2"	2.378	1.58	7.58	25/32	1.378	1.21/32	2.17/32	---	8.1/8	8.346	9.055	10.71/16			
F2T	mm 50	225	14x9	140	240	M16	70	40.5	220	20	35	42	64	---	236	270	250	300			
	inch 2.000	8.78	1/2 x 1/4	5.1/2	9.71/16	UNC 5/8"	2.374	1.58	8.11/16	25/32	1.378	1.21/32	2.17/32	---	9.5/16	10.630	9.843	11.13/16			
F3T	mm 60	265	18x11	165	310	M16	100	50.5	253	---	32	32	52	82	264	330	350	400			
	inch 2.375	10.71/16	5/8 x 5/16	6.1/2	12.3/16	UNC 5/8"	3.15/16	2	9.15/16	---	1.1/4	1.1/4	2.1/16	3.7/32	10.3/8	12.992	13.780	15.3/4			
F4T	mm 70	330	20x12	205	350	M20	120	59.5	312	---	32	32	52	82	330	400	350	400			
	inch 2.750	13	5/8 x 5/16	8.1/16	13.13/16	UNC 3/4"	4.3/4	2.5/16	12.5/16	---	1.1/4	1.1/4	2.1/16	3.7/32	13	15.748	13.780	15.3/4			
F4ST	mm 90	390	25 x 14	220	400	M24	125	85	372	---	---	---	---	75	398	450	350	400			
	inch 3.625	15.378	7/8 x 7/16	8.21/32	15.3/4	UNC 1"	4.15/16	3.378	14.578	---	---	---	---	---	1.3/4	1.3/4	2.31/32	15.11/16	17.717	13.780	15.3/4

Modelo	a1Ø	S1Ø	c1	Y	c	co	doØ	dØ	e	f	ho	h2	ht	ht1	n	wo	Peso kg Weight lb	aceite lts oil fl.oz
Model																		
F00T	mm 200	11	12	14	11	12	14	45	95	135	158	73	257	285	20	35.5	17	1.25
	inch 7.78	7/16	1/2	9/16	7/16	1/2	9/16	1.3/4	3.3/4	5.5/16	6.1/4	2.7/8	10.1/8	11.1/4	13/16	1.378	37	4.3
F0T	mm 250	14	14	7.5	14	12	14	50	124	175	170	96	291	320	25	32	25	1.8
	inch 9.78	9/16	9/16	5/16	9/16	12	9/16	2	4.778	6.778	6.11/16	3.3/4	11.7/16	12.5/8	1	1.174	55	6.2
F1T	mm 300	14	16	12	17	16	14	60	138	215	218	102	343	391	25	44	36	2.5
	inch 11.78	9/16	5/8	12	11.1/16	5/8	9/16	2.378	5.71/16	8.71/16	8.9/16	4	13.1/2	15.378	1	1.374	79	8.6
F2T	mm 350	18	16	16	26	20	22	70	172	278	278	131	430	474	38	53	55	6
	inch 13.13/16	11/16	5/8	5/8	1	3/4	7/8	2.374	6.374	10.15/16	10.15/16	5.3/16	16.15/16	18.11/16	1.1/2	2.1/16	121	20.7
F3T	mm 450	18	18	11	26	26	22	85	195	350	346	163	535	597	50	70	95	9
	inch 17.34	11/16	11/16	7/16	1	1	7/8	3.378	7.11/16	13.374	13.578	6.71/16	21.1/16	23.1/2	1.15/16	2.3/4	209	310
F4T	mm 450	18	18	18	28	30	26	95	245	400	395	198	630	657	50	79	155	15.0
	inch 17.34	11/16	11/16	11/16	1.1/8	1.1/4	1	3.374	9.578	15.374	15.916	7.13/16	24.13/16	25.778	1.15/16	3.1/8	342	51.7
F4ST	mm 450	18	22	26	36	36	26	140	270	460	485	213	730	742	60	103.5	225	22.0
	inch 17.34	11/16	7/8	1	1.71/16	1.71/16	1	5.1/2	10.578	18.178	19.178	8.378	28.374	29.174	2.378	4.1716	496	75.9



NOTA 1: Las dimensiones son aproximadas pudiendo modificarse sin previo aviso.  
 NOTE 1: Dimensions are for reference only, unless certified.  
 NOTA 2: Las capacidades de lubricante son para posición B3.  
 NOTE 2: Oil capacity valid only for mounting position B3.

NOTA 3: Para dimensiones ko, P y g1 ver pag. 52 ó catálogo de motores (I.E.C.). NOTE 3: To determine ko, P and g1 see page 52, or electrical motors catalogue (I.E.C.).  
 NOTA 4: Los pesos no incluyen peso del motor.  
 NOTE 4: Motor weight is not included.

## Anexo P: Ficha técnica de la máquina cosedora

### MÁQUINA DE COSER PORTÁTIL PARA CERRADO DE SACOS MARCA YAO HAN MODELO N600A

Cosedora de sacos llenos para condiciones de trabajo normales y cierre de todo tipo de sacos para productos agrícolas, harinas, fertilizantes, semillas, productos químicos, etc.

#### Características:

- Alta velocidad de cosido
- Cadeneta de un solo hilo que facilita la apertura del saco y ahorro de hilo.
- Mecanismos de funcionamiento sencillos y eficaces
- Mango ortopédico aislante.
- **Engrase semiautomático** mediante bomba de aceite a presión, con conductos de aceite directos a las principales partes en movimiento
- Corte de hilo automático
- Mantenimiento, vibraciones y ruido mínimos



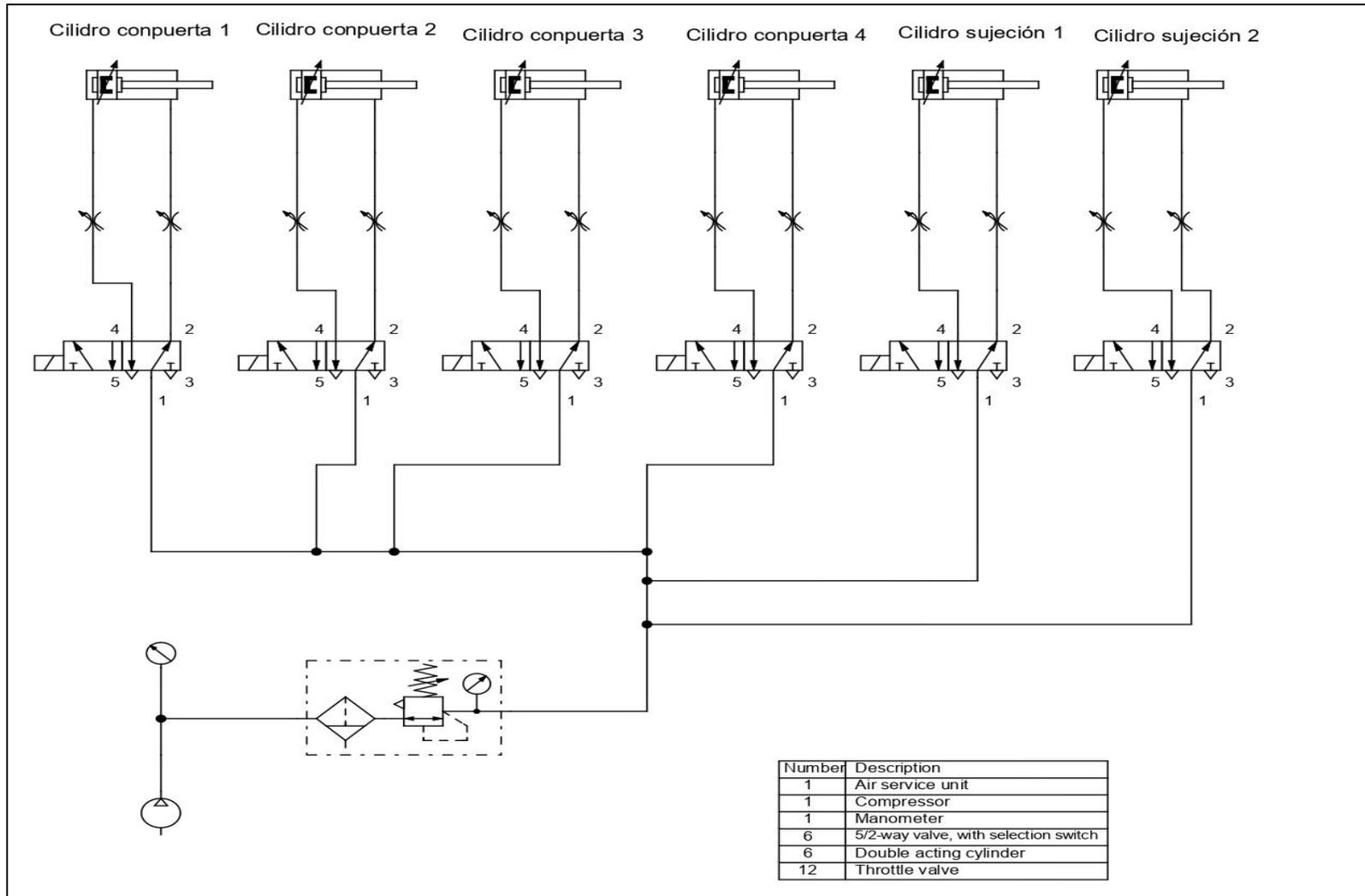
#### Características técnicas:

- **Producción:** 250 – 350 sacos/hora
- **Motor:** 90W 50/60 hz. monofásico, 220 V,
- **Peso:** 5,3 Kg. sin cono de hilo
- **Aguja:** FD5
- **Hilo:** 12/3, tres cabos trenzados a izquierdas
- **Puntada:** 7,2 mm



El equilibrador de resorte y el volvedor para ribeteado son accesorios opcionales

### Anexo Q: Plano del sistema electropneumático de la máquina ensacadora



## Anexo R: Ficha Técnica del autómata programable

# SIEMENS

### Hoja de datos

6ES7214-1AG40-0XB0

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta DC/DC/DC, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10V DC, alimentación: DC 20,4-28,8V DC, Memoria de programas/datos 100 KB



Figura similar

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1214C DC/DC/DC
Versión de firmware	V4.4
Ingeniería con	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Paquete de programación</li> </ul>	STEP 7 V16 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> </ul>	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Tensión de carga L+	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Valor nominal (DC)</li> <li>Rango admisible, límite inferior (DC)</li> <li>Rango admisible, límite superior (DC)</li> </ul>	24 V 20,4 V 28,8 V
Intensidad de entrada	

Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
I <sup>2</sup> t	0,5 A <sup>2</sup> ·s
<b>Intensidad de salida</b>	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
<b>Alimentación de sensores</b>	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	L+ menos 4 V DC mín.
<b>Pérdidas</b>	
Pérdidas, típ.	12 W
<b>Memoria</b>	
Memoria de trabajo	
• integrada	100 kbyte
• ampliable	No
Memoria de carga	
• integrada	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Si
• libre de mantenimiento	Si
• sin pila	Si
<b>Tiempos de ejecución de la CPU</b>	
para operaciones de bits, típ.	0,08 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, típ.	2,3 µs; /instrucción
<b>CPU-bloques</b>	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
<b>OB</b>	
• Número, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código
<b>Áreas de datos y su remanencia</b>	
Área de datos remanentes (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
<b>Marcas</b>	
• Número, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
<b>Datos locales</b>	
• por cada prioridad, máx.	16 kbyte; Clase de prioridad 1 (ciclo de programa): 16 kbyte, clase de prioridad 2 a 26: 6 kbytes

# Anexo S: Ficha técnica del interruptor final de carrera



TZ-81( ) Series LIMIT SWITCH for Industrino - PRODUCT DATASHEET. MARCH 2019  
 Industrino - Bridging industry and makers. [www.industrino.com](http://www.industrino.com)

## TZ-81( ) Series Limit Switch Datasheet



### Specifications

Models	TZ-8104	TZ-8108	TZ-8107	TZ-8111	TZ-8112/8122	TZ-8166/8167/8168/8169
OF(Max.)	750g	750g	750g	900g	900g	150g
RF(Min.)	100g	100g	100g	150g	150g	-
PT(Max.)	20°	20°	20°	1.5mm	1.5mm	30mm
OT(Min.)	50°	50°	50°	4mm	4mm	-
MD(Max.)	12°	12°	12°	1mm	1mm	-
OP	-	-	-	26±0.8mm	37±0.8mm	-

### Electrical ratings

Operation speed	0.5mm-50cm/s
Operating frequency	Mechanical: 120 operations/min Electrical: 30 operations/min
Contact resistance	25mΩ max. (initial value )
Insulation resistance	100MΩ min. (below 500VDC )
Dielectric strength	1000VAC, 50/60 Hz for 1 minute between terminals of the same polarity
	1500VAC, 50/60 Hz for 1 minute between current-carrying and non current-carrying metal parts
Vibration	1500VAC, 50/60 Hz for 1 minute between each terminal and ground
	10-55Hz, 1.5mm double amplitude
Shock	Mechanical durability: 1000m/s <sup>2</sup> (about 100g's)
	Malfunction: 300m/s <sup>2</sup> (about 30g's)
Ambient temperature	-5→+65 °C (With no icing)
Humidity	<95% RH
Weight	About 130 to 190g
Life	Mechanical: >10,000,000 operations
	Electrical: >500,000 operations
Degree of protection	IP65

### Operational characteristics by model

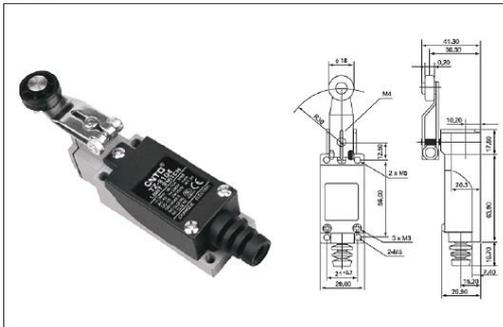
#### NOTES:

1. Inductive load has a power factor of 0.4 min. (AC) and a time constant of 7 msec. max.(DC).
2. Lamp load has an inrush current of 10 times the steady-state current, while motor load has an inrush current of 6 times the steady-state current.
3. Product with spring: its usable operation range is within one third of the whole spring length, from the front end of the spring.

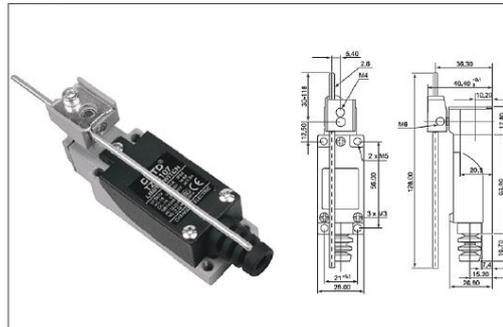
Rated voltage	Non-inductive Load (A)				Inductive Load (A)			
	Resistive Load		Lamp Load		Inductive Load		Motor Load	
	NC	NO	NC	NO	NC	NO	NO	NC
125VAC	5	5	1.5	0.7	3	3	2	1
250VAC	5	5	1	0.5	3	3	1.5	0.8
8VDC	5	5	3	3	5	4	3	3
14VDC	5	5	3	3	4	4	3	3
30VDC	5	5	3	3	4	4	3	3
125VDC	0.4	0.4						
250VDC	0.2	0.2						
Inrush Current	N.C: below 24A, N.O: below 12A							

### Limit switch models

#### TZ-8104



#### TZ-8107



## Anexo T: Características técnicas del sensor fotoeléctrico

OMRON

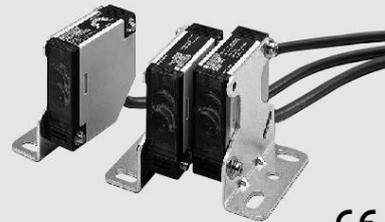
Built-in power supply photoelectric sensor

# E3JK

*Wide range voltage  
power supply*

Pre-wired type/E3JK

- Slim body full of functions and economically available



CE

Sensor type	Shape	Connection method	Sensing distance	Output form	Output	Model
Through-beam		Pre-wired models	5m	Light ON	Relay output	E3JK-5M1
				Dark ON		E3JK-5M2
				Light ON/ Dark ON (selectable)	DC transistor output	NPN: E3JK-5S3
Retroreflective model (with M.S.R. function)		Pre-wired models	2.5m (3m)*	Light ON	Relay output	E3JK-R2M1
Dark ON				E3JK-R2M2		
Light ON/Dark ON (selectable)				DC transistor output	NPN: E3JK-R2S3	
Retroreflective model (without M.S.R. function)		Pre-wired models	4m (5m)*	Light ON	Relay output	E3JK-R4M1
				Dark ON		E3JK-R4M2
Diffuse-reflective		Pre-wired models	300mm	Light ON	Relay output	E3JK-DS30M1
				Dark ON		E3JK-DS30M2
				Light ON/Dark ON (selectable)	DC transistor output (NPN)	E3JK-DS30S3

\* The value within the parentheses indicates the sensing distance applied when the E39-R2 reflector is used.  
Note: The UL-listed model ends with "-US". (Example: E3JK-5M1-US). Note that the DC transistor type of the E3JK is UL-unlisted.

### Accessories (Order Separately)

#### Slits

Slit width	Sensing distance	Minimum sensing object (typical)	Model	Quantity	Remarks
Width 1 mmx20 mm	E3JK-5□□	0.7 m	1 mm dia.	E39-S39	1 pc. each for emitter and receiver (total 2 pcs.) (Seal type long slit) Can be used with the through-beam model E3JK-5□□.

## Anexo U: Electroválvula neumática 5/2 vías doble solenoide 24 Vdc

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

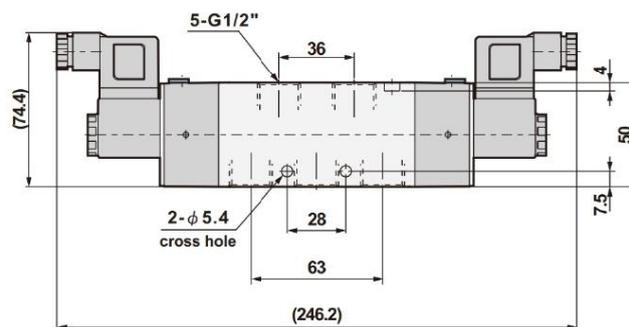
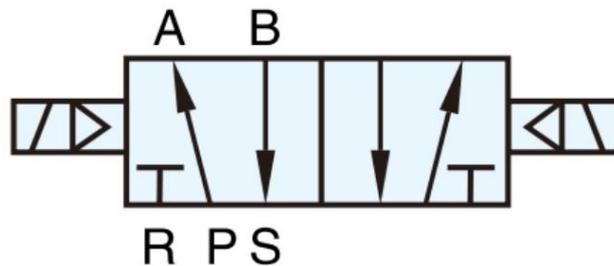
Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos. Gracias a la corriente que circula a través del solenoide es posible cambiar la posición de la válvula controlando la dirección del fluido. Al circular la corriente por el solenoide, genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo no retorna a menos que el segundo solenoide se active.

### Electro válvula neumática 5/2 Vías



### CARACTERÍSTICAS

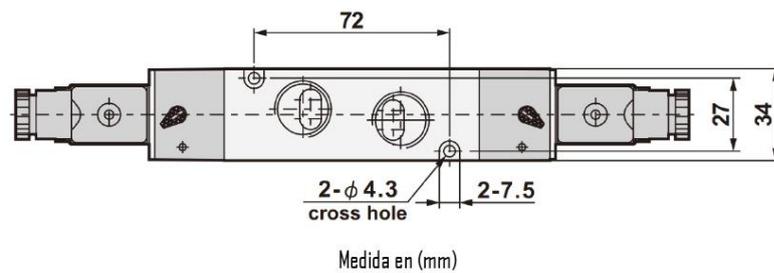
- Válvula solenoide de tamaño mediano.
- Anulación manual bloqueable para una fácil operación.
- El cuerpo de aluminio anodizado y el estricto control de calidad proporcionan una larga durabilidad.
- Para trabajo continuo (100 % ED).



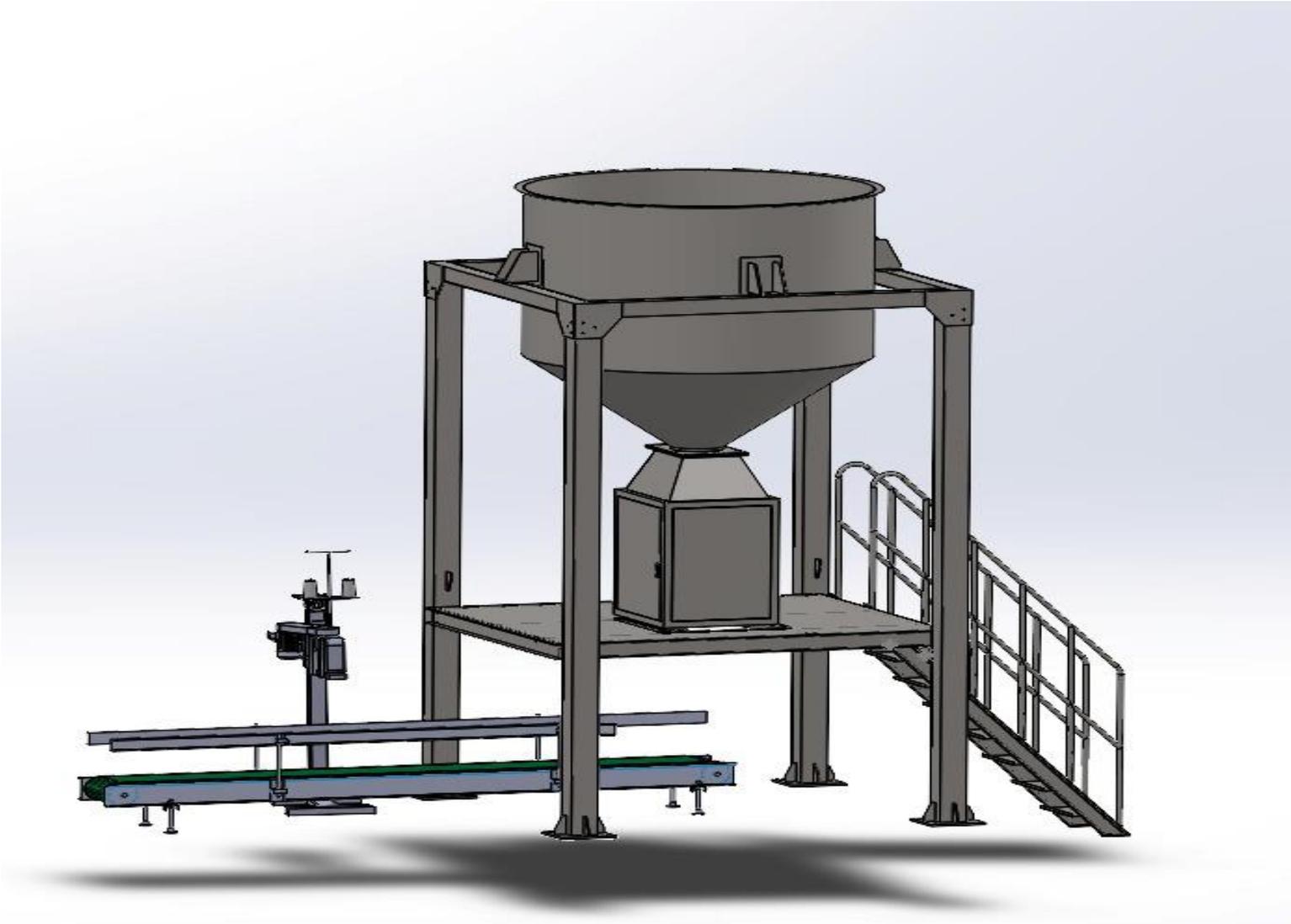
Medida en (mm)

BM520	D4	N	D	9	L
5/2 Vias	1/2"	NPT	Doble solenoide	24VDC	Con LED indicador
<b>MODELO</b>			<b>BM520-D4N-D9L</b>		
Dimensiones			1/2"		
Material del cuerpo			Aleación de Aluminio		
Fluido			Aire comprimido		
Activación			Bobina		
Área efectiva			50mm <sup>2</sup>		
Rango de operación			2 a 8 kgf/cm <sup>2</sup>		
Presión de operación			9.9 kgf/cm <sup>2</sup>		
Temperatura ambiente			-10 a 50°C		
Tipo de bobina			DIN (Estándar)		
Clase de protección			IP65 (DIN 40050)		
Aislamiento			Clase F		
Tolerancia de voltaje			+/- 10%		
Voltaje estándar			24VDC		
Peso neto			590g (720g)		

## DIMENSIONES



**Anexo V:** Vista isométrica de la máquina ensacadora de arroz pilado





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SIXTO RICARDO PRADO GARDINI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de una máquina ensacadora automatizada para reducir el tiempo de ensacado de arroz pilado del Molino Latino S.A.C.", cuyos autores son SEGURA CRUZ JORGE JEISON, CAMPOS TAFUR EDUARDO STUART, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 25 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SIXTO RICARDO PRADO GARDINI <b>DNI:</b> 18099692 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9135-2663	Firmado electrónicamente por: PGARDINI el 31-01- 2023 11:57:49

Código documento Trilce: TRI - 0454441