



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Diseño de un sistema de alimentación al vacío para formadoras de cintas de  
polipropileno**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Br. Pablo De la cruz Torres (ORCID: 0000-0002-8798-4553)

**ASESOR:**

Dr. William Fernando Villarreal Albitres (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistema electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a Dios y mis padres quienes me dieron la vida, educación y apoyo incondicional. A mis compañeros de trabajo y estudio, a mis profesores y amigos, quienes sin su apoyo incondicional nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todas esas personas les doy gracias infinitas. Para todo ellos dedico esta dedicatoria.

**Pablo De la cruz Torres**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios padre celestial quien nos brinda la vida para así lograr nuestras metas, a mis padres por su apoyo incondicional, amigos de trabajo y estudio, a la Universidad César Vallejo y en especial a sus docentes y personal administrativo por brindarme ese apoyo y guiarme en mi formación académico, logrando con ello que mis metas y deseos de desarrollo personal y profesional se hagan realidad. **¡Mil gracias a todos!**

**Pablo De la cruz Torres.**

0600



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 13:00 horas del día 17 de diciembre de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 199-2019-UCV-EPIME, de fecha 12 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION AL VACIO PARA FORMADORAS DE CINTAS DE POLIPROPILENO"**, presentada por el Br. De La Cruz Torres Pablo con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- **Presidente** : Mg. Dante Omar Panta Carranza
- **Secretario** : Dr. Daniel Carranza Montenegro
- **Vocal** : Mg. Edilbrando Vega Calderon

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por mayoría

Siendo las 15:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 17 de diciembre de 2019

Mg. Dante Omar Panta Carranza

Presidente

Dr. Daniel Carranza Montenegro  
Secretario

Mg. Edilbrando Vega Calderon  
Vocal

## Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD


Yo Pablo De la Cruz Torres, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 47509370, con el trabajo de investigación titulada, Diseño de un sistema de alimentación al vacío para formadoras de cintas de Polipropileno.

#### Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 17 de diciembre, 2019

Nombres y apellidos Pablo De la Cruz Torres  
DNI 47509370  
Firma 

## Índice

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
Índice de figuras .....	x
Índice de tablas.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad problemática .....	1
1.1.1. A nivel internacional .....	1
1.1.2. A nivel nacional.....	3
1.1.3. A nivel local .....	3
1.2. Trabajos previos.....	4
1.2.1. A nivel internacional .....	4
1.2.2. A nivel nacional.....	5
1.2.3. A nivel local .....	6
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	7
1.3.1. Diseño de máquina .....	7
1.3.2. Sistema de transporte neumático .....	7
1.3.3. Sistema de alimentación por succión .....	9
1.3.4. Cargador de vacío o depresión .....	9
1.3.5. Extrusión de materiales plástico.....	9
1.3.6. Partes de una extrusora.....	10
1.3.7. Polímeros .....	12
1.3.8. Polipropileno .....	13
1.4. Formulación del problema.....	13

1.5.	Justificación del estudio.....	13
1.5.1.	Justificación Económica.....	13
1.5.2.	Justificación Técnica.....	13
1.5.3.	Justificación Ambiental.....	14
1.5.4.	Justificación Social.....	14
1.6.	Problema de investigación.....	14
1.7.	Hipótesis.....	14
1.8.	Objetivos.....	15
1.8.1.	Objetivo General.....	15
1.8.2.	Objetivo específico.....	15
II.	MÉTODO.....	16
2.1.	Diseño de investigación.....	16
2.2.	Variables, Operacionalización.....	16
2.2.1	Identificación de las variables.....	16
2.2.2	Operacionalización de las variables.....	16
2.2.3	Operacionalización de las variables.....	17
2.3.	Población y Muestra.....	18
2.3.1	Población.....	18
2.3.2	Muestra.....	18
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	20
2.4.1.	Técnica.....	20
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	20
2.4.3.	Validez y confiabilidad.....	22
2.5.	Métodos de análisis de datos.....	22
2.6.	Aspectos éticos.....	22
III.	RESULTADOS.....	23
3.1	Evaluar el estado actual del sistema de alimentación de materia prima de la máquina extrusora.....	23
3.1.1.	Proceso de alimentación actual.....	23

3.1.2.	Encendido de extrusora .....	23
3.1.3.	Temperatura y revoluciones de los motores .....	24
3.1.4.	Unidad de aire comprimido .....	24
3.1.5.	Estirado de la película.....	24
3.1.6.	Proceso de embobinado .....	25
3.2	Determinar los elementos relevantes para el diseño del sistema de alimentación para la máquina extrusora .....	25
3.2.1.	Los elementos más relevantes que se consideran para el diseño son los siguientes: .....	25
3.2.2.	Recepción de Materia Prima.....	28
3.2.3.	Mezclado .....	28
3.2.4.	Recepción de bobinas .....	29
3.2.5.	Montaje de trama y urdimbre .....	29
3.2.6.	Tejido.....	30
3.2.7.	Recepción del rollo .....	31
3.2.8.	Proceso de Laminación.....	31
3.2.9.	Proceso de Impresión .....	31
3.2.10.	Corte y costura .....	32
3.2.11.	Recepción del producto terminado .....	32
3.3	Calcular los diversos mecanismos del nuevo sistema de alimentación para de la máquina extrusora .....	33
3.3.1.	Característica del sistema .....	33
3.3.2.	Sistema motriz .....	34
3.3.3.	Separadores de partícula.....	36
3.3.4.	Zona de succión de material y presión .....	36
3.3.5.	Zona de alimentación.....	36
3.3.6.	Experimentación.....	37
3.3.7.	Resultados.....	39

3.4	Determinar el método estadístico para alcanzar el nivel de significancia de las pruebas realizadas. ....	43
3.4.1.	Método estadístico.....	44
IV.	DISCUSIÓN.....	46
V.	CONCLUSIONES.....	48
VI.	RECOMENDACIONES.....	49
	REFERENCIAS.....	50
	ANEXOS.....	52
	Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	62
	Reporte de turnitin.....	63
	Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	64
	Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	65

## Índice de figuras

Figura 1: Sistema de alimentación actual .....	4
Figura 2: Sistema de alimentación por vacío.....	9
Figura 3: Máquina Extrusora De Tornillo. ....	10
Figura 4: Tipos de tolva.....	10
Figura 5: Sistema del cilindro y zonas de calefacción. ....	11
Figura 6: Zona de distribución de un tornillo.....	11
Figura 7: Boquilla anular y cabezal.....	12
Figura 8: Diagrama de fabricación.....	19
Figura 9: Anemómetro.....	21
Figura 10: Wincha.....	21
Figura 11: Balanza digital.....	22
Figura 12: Flujo de aire en tuberías.....	26
Figura 13: Mesclador de materia prima.....	28
Figura 14: Almacenaje de bobina.....	29
Figura 15: Montaje de urdimbre a telares.....	30
Figura 16: Rollo tejido de telar.....	30
Figura 17: Acopio de rollos.....	31
Figura 18: Máquina laminadora.....	31
Figura 19: Máquina convertidora.....	32
Figura 20: Fardos de sacos.....	32
Figura 21: Sistema de alimentación.....	33
Figura 22: Sistema motriz.....	34
Figura 23: Teorema de Euler para diseño.....	34
Figura 24: Dimensiones de turbina de succión.....	35
Figura 25: Separador de partícula.....	36
Figura 26: Almacenamiento de material .....	37
Figura 27: Tipo de flujo.....	39
Figura 28: Diagrama de flujo.....	40
Figura 29: Material utilizado .....	40
Figura 30: Anemómetro .....	41
Figura 31: Medición de flujo de aire.....	41

## Índice de tablas

Tabla 1. Polímeros más comunes .....	12
Tabla 2: Consumo de materia mensura. ....	29
Tabla 3: Resultados de cálculo .....	35
Tabla 4: Característica del sistema .....	37
Tabla 5: Característica de material .....	38
Tabla 6: Parámetros medidos .....	42
Tabla 7: Tabla de gráficos de datos medidos .....	43
Tabla 8: Eficiencia de ciclones .....	43
Tabla 9: Datos experimentales .....	44
Tabla 10: Probabilidad acumulada .....	44

## RESUMEN

La Industria de la Tela de Polipropileno es cada vez más arraigada en la Región Lambayeque, sobre todo por la necesidad de proporcionar a la Industria Molinera de Arroz, los sacos necesarios para ensacar su producción y poder enviarla básicamente al mercado de la Ciudad de Lima, en condiciones de salubridad e higiene necesaria, por lo que tratar de mejorar su eficiencia y calidad es una tarea que merece toda nuestra atención y oficio.

Al mejorar la alimentación a la extrusora de polipropileno con modernos sistemas de vacío que son más potentes , efectivos , modernos y seguros, es un objetivo que debe ser priorizado por la Universidad Lambayecana, como una forma de contribuir al desarrollo de la Región Lambayeque, este sistema permitirá que los siguientes sistemas de la línea de producción , como las máquinas urdidoras y tejedoras , así como las extrusoras trabajen de una manera más eficiente, con los correspondientes ahorros de costos , mermas y demoras. Los procesos de estampado y cortado también se verán beneficiados por estos procesos, obteniéndose productos de mejor calidad.

Se realizó el diseño mecánico de los elementos que conforman el sistema de transporte, realizando cálculos que otorgan parámetros en el dimensionamiento de tuberías de succión, presión, selección de la fuente de aire y equipo separador de fases llamado ciclón; Para la validación de resultados que se obtuvo en el cálculo se optó por realizar una prueba de funcionamiento realizando mediciones de a una velocidad de tiempo y una determina cantidad de materia.

**Palabras claves:** polipropileno, transporte neumático y sistemas electromecánicos

## **ABSTRACT**

The Polypropylene Fabric Industry is increasingly rooted in the Lambayeque Region, especially for the need to provide the Rice Mills Industry with the sacks needed to bag its production and be able to send it basically to the market of the City of Lima, in conditions of healthiness and necessary hygiene, so to try to improve its efficiency and quality is a task that deserves all our attention and trade

The Improvement of the feed to the polypropylene fiber opener with modern vacuum systems, which are more powerful, effective, modern and safe, is an objective that should be prioritized by the Lambayecana University, as a way to contribute to the development of the Lambayeque region, this system will allow the following production line systems, such as warping and weaving machines, as well as extruders to work in a more effective way, with the corresponding cost savings, shrinkage and delays. will be benefited by these processes, obtaining better quality products.

The mechanical design of the elements that make up the transport system was carried out, performing calculations that provide parameters in the dimensioning of suction pipes, pressure, selection of the air source, and phase separation equipment called cyclone; For the validation of results that was obtained in the calculation, it was decided to perform an operation test taking measurements at a speed of time and a determined amount of matter.

**keywords:** polypropylene, pneumatic transport and electromanetic systems

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad problemática**

### **1.1.1. A nivel internacional**

La evolución de maquinarias de extrusión de plástico tuvo inicio a principios del siglo XIX, el deseo por comprender el proceso de extrusión de plásticos inicio en el siglo XX.

La extrusora es considerada una bomba para la extrusión del plástico y es la más relevante en la industria del plástico, que mediante el proceso de extrusión se ejecuta el prensado, moldeado, mediante el empuje y fuerza de flujo constante, atraviesa el molde para tomar su forma requerida.

Los tipos más comunes de extrusora en la industria del plástico son los siguientes: Extrusora de un solo tornillo y doble tornillo, las cuales son utilizados en distintos procesos en la industria del plástico (**Rauwendaal, González y Rodrigué, 2017, p.1**).

Actualmente las industria del plástico se encuentran en una era de evolución de tecnología con un solo afán de mejorar la productividad y eficiencia de sus procesos de producción, las empresas para la obtención de sus productos utilizan una gran variedades de materiales plásticos y compuestos en sus procesos de extrusión, en una máquina extrusora. Modos de alimentación de material, donde las industrias más avanzadas en tecnología tienen adaptados un sistema de alimentación a través de tornillo o al vacío mediante succionadores y otras industrias alimentan manualmente ocupando un operario para el transporte del material. Actualmente las industrias optan por implementar sus procesos que les permita mejorar la eficiencia de la máquina, flexibilidad en el manejo del material y ahorro en el consumo de energía obteniendo grandes beneficios a un menor costo para la satisfacción del cliente (**Gutiérrez y Ruiz, 2017, p.5**).

En la actualidad las maquinarias automáticos, en una línea de elaboración, se dicen que son mecanismos cerrados que ejecutan varias etapas (cargado de material, calentamiento y formado) en cada proceso sin ningún operario, sin embargo las maquinarias semiautomáticas ejecutan sus procesos manualmente presentando una gran deficiencia en sus procesos de elaboración de sus productos. La empresa otorgo envases S.A.C, tiene una máquina semiautomático, actualmente tiene un problema en el inicio de su proceso, donde es cargado manualmente el material y teniendo como consecuencia una mano de obra adicional, como también el retraso gradual en la elaboración del producto, para solucionar el problema se diseñará un cargador automático de material plástico logrando mejorar la eficiencia del proceso, incrementando la producción y disminuyendo costos, logrando que la empresa sea más competitiva en el mercado (**Londoño, 2012, p.15**).

Modo de operación de una extrusora donde realizan varias etapas que son: transporte de sólido, fusión, transporte de fundición, mezclado, desgasificación y conformado.

El transporte de solido en la tolva, por lo general fluye mediante gravedad de las partículas, donde el material cae de la tolva por su propio peso, en cuanto en la extrusora el sólido cae de la tolva y es conducido mediante el transporte inducido por arrastre por el tornillo. Fusión se inicia cuando se le somete calor desde la superficie del cilindro y tornillo. El transporte de fundido inicia cuando el material esta diluido completamente y es arrastrado mediante el tornillo hasta llegar al final de la extrusora. Desgasificación se produce mediante un orificio de venteo dentro del cilindro de la extrusora. Conformado, etapa donde el material extruido adopta el molde de la boquilla de la extrusora a una velocidad uniforme (**Beltrán y Marcilla, 2012, p.116-137**).

Anteriormente el análisis de la eficiencia energética del proceso de extrusión mediante el intercambio de calor, no eran utilizadas en las industrias de envases de plásticos. Para lograr un compartimiento energético adecuado y la optimización del proceso, se necesita efectuar un análisis en cada etapa (calentamiento y enfriamiento) del proceso, para así determinar los tiempos adecuado que necesita cada etapa, así poder lograr optimizar el proceso y el incremento de la producción a un menor costo de operación, por eso en la actualidad las industrial al encontrarse en un mercado competitivo se ven en la necesidad de implementar maquinarias y mejorar sus procesos de extrusión (**Jiménez, 2015, p.220-221**).

### **1.1.2. A nivel nacional**

Las extrusoras en el Perú son utilizados para diferentes procesos tales como; prensado, inyección, extrusión y termo conformado. Generalmente el procesos de extrusión consiste en darle forma a los plástico donde es calentado para luego colocarlo al molde donde se adhiere a su forma, dicho proceso presentan anomalías que afectan el correcto funcionamiento, se pretenden evaluar las característica propias del proceso (cristalinidad, temperatura, flexión y otros parámetros), para lograr un buen proceso se evaluarán el tiempo que permanece el material calentándose hasta que se convertirse en líquido, para lograr tener un mejor acabado del producto.

Las extrusoras más utilizadas en la industria en los diferentes procesos son: extrusoras de un solo tornillo y doble tornillo, donde la mayoría tiene un sistema de alimentación por vacío, el cual el material es transportado desde la mezcladora y llevada a la tolva de la extrusora (Chuta, 2014, p.9).

### **1.1.3. A nivel local**

Dentro el departamento que más desarrollo económico en los últimos años ha sido Lambayeque lugar donde existe plantas compactadoras, procesadoras de sacos, tuberías y bolsas. Actualmente una de la empresa en Chiclayo que se dedica al procesamiento de sacos presenta deficiencia en sus procesos ocasionando pérdidas económicas a la empresa.

El principal problema en la máquina extrusora, siendo esta máquina extrusora el principal equipo para el proceso de producción, pero sin embargo presenta una gran deficiencia en su proceso como paradas imprevistas, aumento de desperdicios y un alto consumo de energía siendo detenida por un problema de funcionamiento o falta de material, dado el problema se tomó la decisión de evaluar cada etapa de dicho proceso, teniendo como resultado la etapa de alimentación la cual presenta mayor problema, donde es alimentado manualmente por el ayudante del operario del equipo subiendo el material por una escalera inapropiada para un trabajo seguro, dicho problema siempre sucede cuando el personal está bajando las bobinas en ocasiones la tolva se queda vacía ocasionando una parada imprevista de la máquina por que dicha tolva no cuenta con una alarma o indicador donde alerte al personal y así evitar paradas en la máquina. Dado el problema se buscaron soluciones para así lograr una mejor eficiencia en el proceso y a la vez obteniendo grandes beneficios para la empresa.



Figura 1: Sistema de alimentación actual

Fuente: Autoría propia.

## 1.2. Trabajos previos

### 1.2.1. A nivel internacional

En la industria mundial del plástico el sistema de alimentación de material a las extrusoras ha sido muy poco estudiado dado que no existe muchas investigaciones realizadas.

En la tesis “Reducción de material de desechos mediante optimación de recursos en línea de soplado de la empresa Escoplast” quien propone que para mejorar el proceso de producción es factible recolectar datos mediante un análisis con el diagrama de aparato obteniendo como resultado reducir el material de desechos, producto de la elaboración del producto y un estándar de calidad eficiente, dado los resultados se realizó un control en cada proceso de producción mediante indicadores de gestión para lograr aumentar la eficiencia , reducir costos y calidad de producto en beneficio para la empresa (**Eguizábal, 2017, p.123**).

En los proceso de extrusión en extrusoras la tecnología es de suma importancia para lograr manipular y controlar los procesos donde los investigadores Gutiérrez y Ruiz en su tesis “Diseño e implantación de variadores de frecuencia en maquinarias extrusoras de plástico para mejorar el proceso y ahorro de energía en la empresa **plastinic S.A**” propone diseñar e implementar el uso de variadores en la máquina extrusora para elevar la capacidad de su

proceso y a su vez ahorrar el consumo de energía, donde esta investigación encontró deficiencia en el control de cada proceso, concluyendo que para la implantación se realizar un nuevo sistema, automatizado todo las etapas de cada proceso de la extrusora lo cual facilitara variar la velocidad de acuerdo al proceso, esto permitirá un elevado rendimiento de la producción, mejor control de las etapas, reducción de consumo eléctrico y costo de operación en beneficio para la empresa (**Gutiérrez y Ruiz, 2017, p.66**).

### **1.2.2. A nivel nacional**

El estudio sobre cómo mejorar la eficiencia de plantas industriales dedicadas al rubro de la elaboración de productos con polímeros en extrusoras, han sido de mucho interés en investigadores. Mamani y Talavera quien realizó una tesis “Diseño y automatización en una planta de extrusión de plástico reciclado utilizando PLC MICROLOGIX 1100 DE ALLEN-BRADLEY” quien propone la automatización de la máquina extrusora utilizando PLC, obteniendo como resultados una mejor funcionamiento del proceso de extrusión logrando que el trabajo sea más rápido, incrementando la productividad, simplificando los mantenimientos y paradas fortuitas del proceso obteniendo grandes beneficios a un menor costo de operación para la empresa (**Mamani y Talavera, 2013, p.108**).

En la investigación que realizo Chuta sobre el “estudio de fluencia térmica del PET en el proceso de termo formado” se propone a estudiar la fluencia térmica del PET (polietilentereftalato) en su proceso, mencionando en su conclusión verificar los factores que influyen en la fluencia del proceso térmico como es la temperatura que alcanza la superficie de la lámina, la temperatura promedio para obtener un producto de piezas termo formadas en función ala deflexión térmica es de 124.3 °C en un lapso de 24.7 segundos (**Chuta, 2014, p.72**).

### **1.2.3. A nivel local**

En la ciudad de Chiclayo donde Gómez y Pérez en su tesis “Evaluación del área de producción aplicando metodología: caso I. Identificación de indicadores que incrementan la rentabilidad de la empresa el ÁGUILA S.R.L en Chiclayo-2014” propone evaluar el área de producción aplicando metodología e indicadores que provee para una buena ganancia para la empresa, aplicando el cuestionario metodológico CASO I, se determinó que la empresa presenta deficiencia de personales no capacitados para la manipulación y supervisión de los procesos de producción, sin embargo con la ayuda de las fichas de observación se logró ejecutar el flujograma en el área de producción, mejorando la eficiencia de cada proceso, para así poder cubrir el incremento de la demanda y la ampliación de los nuevos mercados nacionales e internacionales, para así lograr obtener el incremento de la rentabilidad a un 6% de inversión y un incremento de producción a un 5.4% en ventas (Gómez y Pérez , 2016, p.93).

Actualmente las empresas locales producen abundante mermas, para disminuir Heredia en su investigación “Reducir mermas en la producción de sacos de polipropileno para la mejora de la productibilidad en la empresa el ÁGUILA S.R.L” propone en reducir las mermas de producción de los sacos y mejorar la productividad, para llegar a cumplir con lo planteado se aplicaron métodos de mejora: preparar al personal de producción, implementando un planes de mantenimiento y aplicando la herramienta de la 5S’s, obteniendo como ganancia el incremento de la productividad a un 98.44% siendo inicialmente 97.32% y como también la reducción de merma de 2.68% a 1.56%, obteniendo como resultados una mejor eficiencia en cada proceso y beneficios para la empresa (Heredia, 2016, p.163).

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Diseño de máquina

**Diseño:** En la ingeniería diseño significa:

Proyectar dar forma, dimensiones, utilizando tecnologías de fabricación y funcionamiento de la máquina para que cumpla una determinada función o necesidades.

Los diseñadores determinan mediante el apogeo y competencia del mercado, definiendo los requerimientos de la industria o usuarios, implementando funciones modernas para la elaboración del nuevo producto, evalúan los parámetros más importantes, para garantizar el diseño, construyen prototipos y maquetas para evaluar costos, además de los aspectos funcionales, técnicos, legales y económicos (García, 2017, p.14).

Se asociando generalmente diseño a:

- Trabajo sobre estética, mejora de la apariencia de los objetos.
- Mejora de la riqueza semántica del producto.
- Dibujo para representar (planos, esquemas, etc.).
- Realizar el análisis de todos los componentes del diseño.

#### 1.3.2. Sistema de transporte neumático

##### **Definición:**

Un sistema de transporte neumático tiene:

Como objetivo principal transportar material sólido a granel por medio de un flujo de gas a presión a través de cañerías desde un punto de alimentación hacia otro punto de descarga. El flujo de gas, suele ser aire, donde es el encargado de entregar la energía necesaria para transportar el material (Paredes, 2016, p.65).

##### **Característica principal:**

Los sistemas de transporte neumático son:

Destinados principalmente en la industria para el transporte de materiales a granel, relativamente finos y secos, con la particularidad que son sistemas cerrados, seguros, sumamente versátiles y adecuados para muchos procesos.

La mayoría de los sistemas de transporte neumático utilizan aire como medio de transporte, aunque existen variadas excepciones que pueden ser empleadas según sea la aplicación y material que se desee transportar, como es el dióxido de carbono, nitrógeno, gases inertes, entre otros (Paredes, 2016, p.65).

Este modo de transporte de sólidos a granel se ha ido extendiendo a nivel industrial, por lo que posee una gran significancia en el campo del manejo de materiales, teniendo una extensa lista de funciones, desde una simple aspiradora doméstica hasta el transporte de sólidos a kilómetros de distancia.

Para el correcto diseño de un sistema de transporte neumático es necesario considerar ciertos factores que permitirán un adecuado funcionamiento, tanto de los materiales que se desee transportar como de las condiciones ambientales y configuración donde se aplique el sistema.

Los materiales preferentes a transportar mediante este sistema corresponden a aquellos materiales secos, no abrasivos, no fibrosos, no cohesivos, relativamente finos, con tamaño de partícula desde algunos micrones hasta rocas de 20 mm como máximo, y que fluyan libremente por gravedad.

### **Clasificación de sistemas de transporte neumático**

Los transporte neumáticos suelen clasificarse en varios tipos, según su disposición y forma de operar, por lo cual es muy importante seleccionar el tipo de sistema más apropiado para una aplicación en particular (**Paredes, 2016, p.66-67**).

**Según presión de gas de transporte.** Tenemos los siguientes:

Sistema de presión positiva

Sistema de presión negativa

Sistemas de presión combinados

**Según reutilización del gas de transporte.** Tenemos los siguientes:

Sistema abierto

Sistema cerrado

### **Según concentración de sólidos**

Fase diluida

Fase densa

### **Según velocidad de partículas y modo de operación**

### 1.3.3. Sistema de alimentación por succión

Se define como:

El sistema de transporte de forma más rápida y limpia a las tolvas de alimentación de la máquina. Sin embargo siempre presentan interrupciones en el proceso de producción, debidas a un sistema en vacío de las máquinas transformadoras, se excluyen pérdidas de material y se obteniendo un lugar de trabajo eficaz y confiable (**technology, 2018 pág. 1**).

### 1.3.4. Cargador de vacío o depresión

Los cargadores por vacío son:

La versión más simple de un sistema de transporte de resina, donde no son parte integral de un sistema de transporte central. Los cargadores por vacío independientes se utilizan con frecuencia para trasladar pellets, polvos y triturados de un solo recipiente (generalmente un contenedor) a un solo punto de entrega (generalmente una mezcladora, tolva de secado o garganta de la máquina). Una varilla se introduce en el recipiente de material y un trozo de manguera flexible conecta la varilla al cargador. El cargador se monta encima del punto de destino y un pequeño motor de gran alcance crea un vacío que absorbe el material a través de la varilla de recogida y la manguera flexible hacia el cuerpo del cargador (**Technology, 2018 pág. 1**)

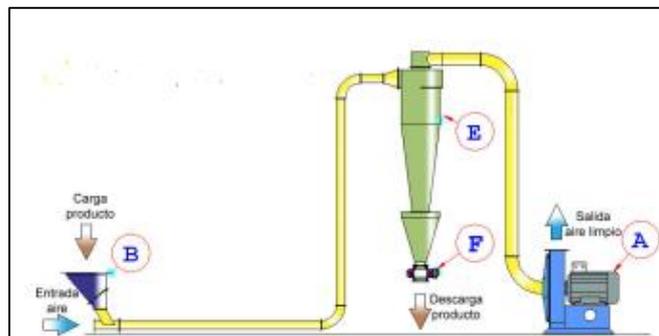


Figura 2: Sistema de alimentación por vacío.

Fuente: Plastic technology

### 1.3.5. Extrusión de materiales plástico

Proceso de extrusión es:

Una operación de transformación de material donde es forzada pasar mediante una boquilla para generar un producto de sección transversal y longitud indefinida. Tanto los plásticos y diferentes materiales son procesados mediante el proceso de extrusión que son: metales, cerámico o alimentos, obteniendo artículos variados como son marcos de ventana de aluminio o PVC, tuberías, pastas de alimento, etc. El proceso de extrusión se lleva a cabo mediante una máquina extrusora, las más utilizadas en las industrias son las de tornillo (**Beltrán y Marcilla, 2012 p. 103**).

“Se considera un proceso mecánico la extrusión de polímeros, ejecutada mediante el empuje y fuerza con un continuo flujo, que pasa por un molde para darle forma deseada” (Beltrán y Marcilla, 2012 p. 3).

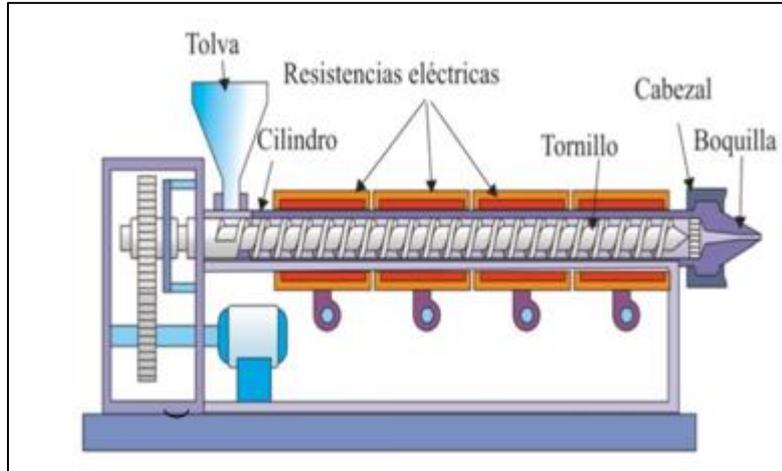


Figura 3: Máquina Extrusora De Tornillo.

Fuente: Beltrán, M. & Marcilla. 2012 p.3.

### 1.3.6. Partes de una extrusora

Las principales partes que lo componen a una extrusora son las siguientes componentes:

#### 1.3.4.1. Tolva

“Es un dispositivo de almacenamiento llamado también contenedor utilizado para almacenar e introducir el material a la máquina, también es una parte muy importante de la extrusora para la alimentación del tornillo donde siempre se debe encontrar con material para así evitar fallas en su proceso” (Beltrán y Marcilla, 2012 p. 11).

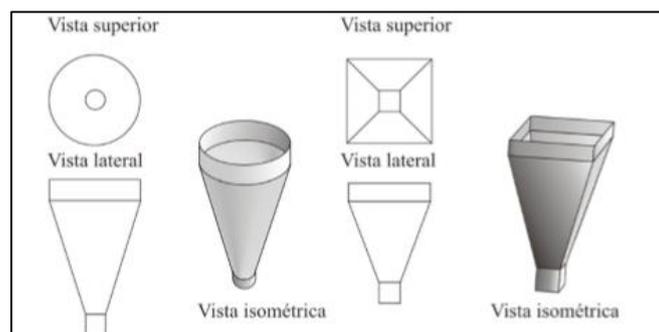


Figura 4: Tipos de tolva.

Fuente: Beltrán, M. & Marcilla. 2012 p.11.

### 1.3.4.2. Cilindro

Se llama cilindro a:

Un tubo robusto fabricado para soportar fricción y temperaturas muy elevadas, su forma estructural debe ser capaz de resistir la acción de cizallamiento, debe ser fabricado de un acero especial y de propiedades que sea capaz de transferir calor, donde se encuentran ubicados las resistencias circulares distribuidas en toda su longitud del cilindro (Beltrán y Marcilla, 2012 p. 108).

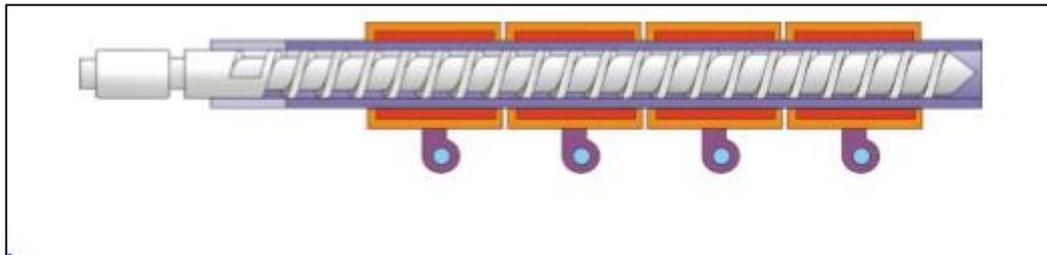


Figura 5: Sistema del cilindro y zonas de calefacción.

Fuente: Beltrán, M. & Marcilla. 2012 p.8.

### 1.3.4.3. Tornillo

También conocido como tornillo sinfín o husillo:

Es un eje largo redondeado por un filete, este es el encargado de transportar, calentar, fundir y mezclar el material, también fabricado para soportar esfuerzos de torsión y temperaturas elevadas. La calidad del producto final dependerá exclusivamente de la fabricación del tornillo, las características más relevantes a tener en cuenta en su fabricación del tornillo es la longitud (L), diámetro (D), ángulo del filete (W) y el paso de la rosca (K) (Beltrán y Marcilla, 2012 p. 107)

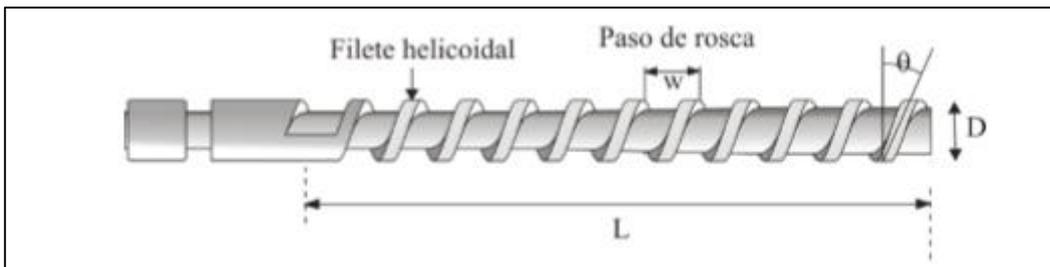


Figura 6: Zona de distribución de un tornillo.

Fuente: Beltrán, M. & Marcilla. 2012 p.107.

### 1.3.4.4. El cabezal o boquilla

“El cabezal es la pieza situada al final del cilindro sujeta a la boquilla. La boquilla es la parte que se encarga de dar forma deseada al polímero, está construida de aceros especiales que soporta grandes temperaturas por su diseño y construcción, para la adquisición el cabezal es una parte principal” (Beltrán y Marcilla, 2012 p. 112).

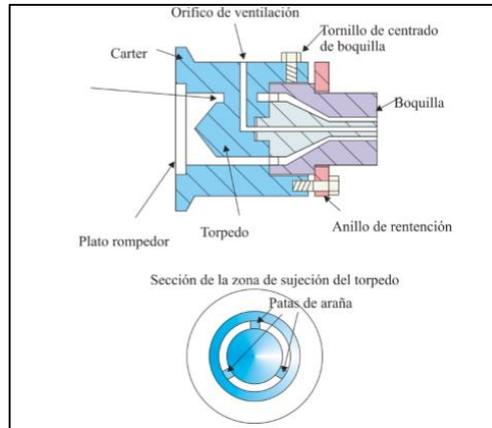


Figura 7: Boquilla anular y cabezal.

Fuente: Beltrán, M. & Marcilla. 2012 p.112.

### 1.3.7. Polímeros

“Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes. El término macromolecular significa molécula muy grande. Los polímeros pueden ser naturales o sintéticos” (Beltrán y Marcilla, 2012, p. 3).

Tabla 1. Polímeros más comunes

Polímero	Abreviatura	Unidad de repetición
Polietileno	PE	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
Polipropileno	PP	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$
Poliestireno	PS	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$
Poli(cloruro de vinilo)	PVC	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$
Poliacrilonitrilo	PAN	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}-$
Poli(metacrilato de metilo)	PMMA	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-$
Polibutadieno (1,4-cis)	PB	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$

Fuente: Beltrán, M. & Marcilla. 2012 p.3.

### **1.3.8. Polipropileno**

El polipropileno fue elaborado a los primeros años del 1950 por el químico Giulio Natta (1903-1979), quien obtuvo un reconocimiento en química en 1963. En 1957 la compañía química italiana empezó a elaborar el polipropileno, su elevada fabricación y su bajo costo tuvieron lugar a varias aplicaciones comerciales que se encontraron para ese nuevo material, el polietileno, es un termo plástico polímero con varias aplicaciones, como envases, tapetes y muebles de plástico. Usualmente es el material más utilizado en el sector automotriz. Actualmente es el termoplástico más comercializado en el mundo, se pretende una demanda anual de 40 millones de toneladas (SOFINA, 2012 p. 40).

Ver propiedades en el **anexo N° 5**.

### **1.4. Formulación del problema**

A pesar de que existen muchas investigaciones sobre como transportar materiales a las extrusoras, pero sin embargo muy poco se enfocan al sistema de alimentación al vacío para el transporte de material hacia extrusora.

### **1.5. Justificación del estudio**

La finalidad de este proyecto de investigación es diseñar un sistema de alimentación de materia para reemplazar al abastecimiento manual que realiza el operario, también evitar la fatiga del personal, logrando mejorar el proceso e incremento de la producción diaria.

#### **1.5.1. Justificación Económica**

Mediante este diseño se busca mejorar el proceso y así lograr incrementar la producción en la empresa (disminuyendo gastos, evitando paradas fortuitas e incrementando la producción), logrando que la máquina sea más eficiente y a su vez un ingreso económico bastante favorable para la empresa y colaboradores.

#### **1.5.2. Justificación Técnica**

Esta investigación es importante porque permitirá mejorar la producción de sacos, debido a que el proceso de abastecimiento de material en la extrusora es un proceso manual, lo que conlleva a que cuando hay un descuido en la máquina se quede desabastecido de material y

por lo tanto la paralización de la producción. Esta investigación nos va a permitir el desarrollar tecnología adaptada a la necesidad y a nuestra realidad.

### **1.5.3. Justificación Ambiental**

Se justica porque este diseño evitará la contaminación del material al ingresar a la tolva para ser procesado, ya que el proceso de alimentación se hace manualmente, ya que esta propenso a ser contaminados con materiales extraños.

### **1.5.4. Justificación Social**

Es justificada socialmente, gracias al diseño se logran un buen entorno laboral, evitando que los operarios no se encuentren expuestos a peligros de altura, esfuerzos y agotamiento físicos, como también mejorando la eficiencia del proceso.

## **1.6. Problema de investigación**

¿En qué medida un sistema al vacío permitirá mejorar la alimentación en las extrusoras de tornillo?

## **1.7. Hipótesis**

El diseño de un sistema de alimentación al vacío mejorará la alimentación de una extrusora de tornillo. Puesto que optimizará el proceso de producción de las cintas de polipropileno en la cual el colaborador será más eficiente, ya que su fuerza de trabajo será reducido.

Se logrará reducir consumo innecesario de materia prima y consumo eléctrico por el problema de alimentación de materia.

## **1.8. Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo General.**

Diseñar un sistema de alimentación al vacío para alimentar a una extrusora de tornillo.

### **1.8.2. Objetivo específico**

- Evaluar el estado actual del sistema de alimentación de materia prima de la máquina extrusora.
- Determinar los elementos relevantes para el diseño del sistema de alimentación para la máquina extrusora.
- Calcular los diversos mecanismos del nuevo sistema de alimentación para de la máquina extrusora.
- Determinar el método estadístico para alcanzar el nivel de significancia de las pruebas realizadas.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

Esta investigación fue considerada aplicativo dado que se basa en la teoría del transporte neumático por depresión. También es considerado cuantitativa por que los resultado serán representados mediante valores numéricos, aplicando cálculos comparativos.

### **2.2. Variables, Operacionalización**

Las variables de operación para poder determinar el nivel de importancia de cada uno serán evaluadas.

#### **2.2.1 Identificación de las variables**

Se determinarán las variables como la independiente y dependiente, para posteriormente ser evaluado cada una de ellas y para lograr identificar el grado de relación entre variables.

#### **Variable Independiente:**

Diseño de un sistema de alimentación al vacío.

#### **Variable Dependiente:**

Mejorar la alimentación de la máquina extrusora.

#### **2.2.2 Operacionalización de las variables**

Mediante dicho proceso se pretende explicar el grado de incidencia o grado de relación entre las variables.

El diseño de este sistema tiene la función de transportar material mesclado hacia la tolva de la extrusora para el proceso de extrusión, el material será transportado a través de una manguera.

El elemento está representado por la máquina a diseñar la cual es la variable a analizar.

El elemento fue tomado como referencia de la tesis “análisis, modelamiento y simulación del transporte neumático para procesos industriales” por el autor Mamani Wilmer y Pomari Yurwin.

### 2.2.3 Operacionalización de las variables

Variables.	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<p><b>Independiente:</b></p> <p>Diseño de un sistema de alimentación de materia prima.</p>	<p>Diseño, se define como el proceso previo de configuración mental en búsqueda de una solución de un problema y el sistema implementación actual por un sistema automático de alimentación (García, 2017, p.14).</p>	<p>Los dispositivos a seleccionar serán seleccionados de acuerdo a las teorías científicas que justifica el diseño.</p>	<p>Hojas de reporte diario de producción.</p>	<p>Razón o proporción</p>
<p><b>Dependiente:</b></p> <p>Mejorar la producción de la máquina extrusora.</p>	<p>La productividad es el resultado de un sistema de servicio con los materiales empleados para la elaboración de un producto.</p>	<p>El incremento de producción se analiza en el sistema a implementar en la máquina extrusora.</p>	<p>Cantidad de toneladas de producción/insumos utilizados. Verificar producción/energía utilizada.</p>	<p>Razón o proporción</p>

## **2.3. Población y Muestra**

### **2.3.1 Población**

El actual trabajo de investigación no contempla definir una población ya que el objetivo de estudio del cual se van a obtener las repuestas está constituida por un solo sistema.

### **2.3.2 Muestra**

La muestra constituirá de un diseño de alimentación donde serán recogidas y analizadas en la empresa confisac en el mes de mayo-2019.

La muestra va ser el mecanismo que se va encargar del transporte del material para lograr alimentar la tolva de la máquina extrusora, en donde es elaborado las cintas de polipropileno para la fabricación de sacos industriales, este proceso se realizará mediante el transporte neumático utilizando aire y controlado electrónicamente.

La muestra no se verá afectada por factores externos, ya que se puede realizar en cualquier periodo del tiempo por ser una máquina compuesta.

En esta muestra no se considera el peso porque es una pieza única y el objetivo es simplemente ver cómo se va comportar cada parte de este mecanismo, conformado por un succionador y controladores electrónicos; donde no se realizaran varias muestras por ser una máquina compuesta de metal donde no presentaran efectos de variación, como también por ser demasiado costosa ejecutar varias muestras.

La muestra será de una sola pieza por las razones ya expuestas anteriormente.

En el formato de recolección de muestra no es considerado por ser un equipo único donde se considera una pieza, para la construcción de la máquina se utilizara materiales nuevo, para evitar cualquier tipo de efecto mecánico o esfuerzo físico que pueda sufrir al momento de realizar las pruebas, las cuales serán desarrolladas en cualquier momento ya que no presenta ninguna alteración en la prueba.

El aparato experimental se diseñará con el propósito de mejorar la alimentación de materia para la extrusora, para así evitar paradas fortuitas e innecesarias las cuales causan grandes pérdidas económicas a la empresa y pérdida de tiempo en los operarios.

El diseño del sistema de alimentación al vacío se diseñará mediante el transporte neumático utilizando aire, el cuál será generado por un succionador, dónde al succionar generará una presión para lograr transportar el material a la tolva de la extrusora, donde se mantendría prendido hasta llenar la tolva de material y se apagara cuando este llenado la tolva, todo este proceso será controlado mediante controladores electrónicos.

Los aspectos que podrían causar errores en las variables analizadas serán al momento de adosar las mangueras, para evitar estos errores se colocará a una distancia prudente de la tolva y una altura adecuada para evitar que tengan errores al momento de analizar.

Diagrama del sistema de transporte neumático por vacío.

El sistema diseñado tendrá la siguiente forma ver figura n° 8, para el transporte del material hacia la extrusora donde realizarán las pruebas de las variables.

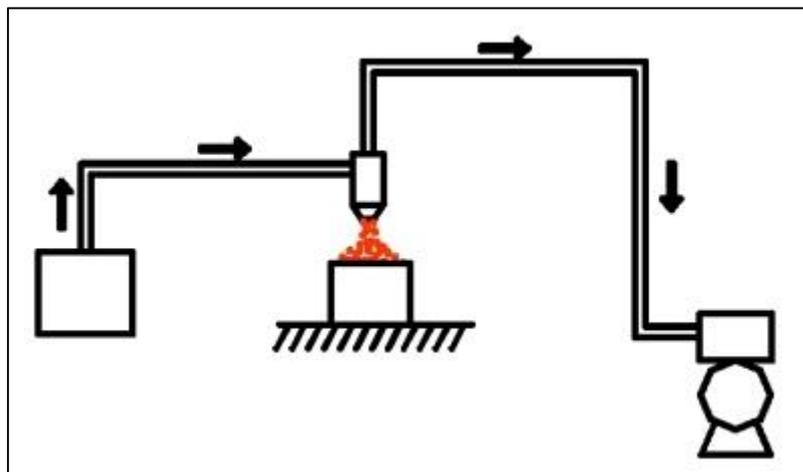


Figura 8: Diagrama de fabricación.

Fuente: Autoría propia.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Las técnicas e instrumentos a utilizar para recolectar datos serán las siguientes:

### 2.4.1. Técnica

Técnica.	Uso	Instrumento
Revisión documentaria.	Se revisarán los registros de producción diaria.	Registro de datos
Entrevista	Se ejecutará una entrevista al encargado de mantenimiento y operario, para recolectar información de la operación de la máquina extrusora.	Cuestionario
Observación.	Se visualizará la operación actual de la máquina, y así lograr identificar las obstrucciones en los procesos.	Ficha de observación.

### 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

#### **Ficha de observación.**

Se aplica una guía con la finalidad de adquirir datos reales del estado de la máquina extrusora y estados actuales de los componentes de dicho equipo.

#### **Registro datos:**

Esta técnica nos permitirá la búsqueda de información para la selección de los equipos estandarizados y normas vigentes para la ejecución del diseño del sistema de alimentación.

**Los equipos utilizar para la recolección de datos medidos son los siguientes:**

**Anemómetro:** Es un aparato meteorológico aplicado para medir la velocidad del viento, será utilizado para medir la cantidad de aire y determinar el flujo másico del material.

Precisión:  $\pm 3\%$

Rango de trabajo 0.4 a 40 m/s.



Figura 9: Anemómetro.

Fuente: Kastrel 1000 pocht anemometer.

**Wincha:** Es una cinta métrica flexible, enrollada dentro de una caja ya sea de metal o plástico, se usará para medir longitud de las mangueras.



Figura 10: Wincha.

Fuente: Stanley.

**Balanza electrónica:** Se usará para pesar la cantidad de material succionado en un determinado tiempo.



Figura 11: Balanza digital

### **2.4.3. Validez y confiabilidad**

#### **Validez.**

La validez, será empleado para poder determinar los datos o respuestas, se harán la prueba de la hipótesis y el nivel de significancia será de 5%. La hipótesis será aceptada si los valores observados serán menor al nivel de significancia de 5%.

#### **Confiabilidad.**

Esta metodología sirve para realizar los cálculos y selección de los partes, como también se realizará mediante un procedimiento confiable, obteniendo los datos de los equipos que nos brindaran una seguridad alta.

### **2.5. Métodos de análisis de datos**

Los datos adquiridos de la operación de la máquina, entrarán a ser procesados o evaluados con la técnica estadística de evaluación, por lo tanto se concluye ejecutar un diseño para mejorar el sistema de alimentación de la máquina extrusora.

### **2.6. Aspectos éticos**

El investigador tiene el derecho de plasmar paginas confiables de información, como también ser coherente con la toma de decisión brindando mayor seguridad, salud, beneficio a los colaboradores y ser realista al formular las conclusiones o estimaciones derivadas del análisis.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1 Evaluar el estado actual del sistema de alimentación de materia prima de la máquina extrusora**

De acuerdo a los objetivos planteados anteriormente, el propósito de este trabajo es implementar un sistema de transporte neumático en la empresa CONFISAC, dedicada al rubro de la fabricación de sacos de polipropileno, actualmente la principal máquina para la elaboración del producto, cuenta con un sistema de alimentación de materia ineficiente dado la problemática se implanta dicho sistema.

Se evaluará el sistema de alimentación actual de dicha extrusora.

##### **3.1.1. Proceso de alimentación actual**

Actualmente la extrusora está siendo alimentada manualmente por el ayudante del operario, mediante el transporte manual poniendo en riesgo la integridad física del trabajador al ser transportado en sacas en hombro, no obstante a esto elevando hasta la tolva de la extrusora.

Problemas que causan este sistema de alimentación:

- Contaminación del material.
- Desgaste y riesgo físico en el trabajador.
- Parada de máquina innecesarias.
- Pérdida de material procesado.
- Deficiencia en el proceso de la elaboración del saco.

A continuación se describe el funcionamiento de la máquina extrusora.

##### **3.1.2. Encendido de extrusora**

Antes de poner en marcha el equipo se tendrá en cuenta los siguientes pasos, condición de operación, temperatura de operación, humedad del ambiente entre 20% a un 80% (humedad relativa HR).

Una vez logrado alcanzar su temperatura programada para diluir dicho material, se procede a dar marcha e inicio a la elaboración de cintas de polipropileno.

### **3.1.3. Temperatura y revoluciones de los motores**

La temperatura será calibrada de acuerdo al tipo de denier de cinta a fabricar. Por lo general para denier de baja densidad serán apropiadamente una temperatura de 100 °C y para denier de alta densidad serán mayores a 200°C.

El instrumento que se encarga de controlar la temperatura es el pirómetro, dónde se puede bajar y elevar.

Los motores son regulados su velocidad de acuerdo a las cintas que desean producir, todo el sistema serán regulados para la producción de cintas tales como: motor del tornillo principal, calandra, rodillos (trío) y embobinadoras.

### **3.1.4. Unidad de aire comprimido**

El aire es adquirido y comprimido por un compresor que es el encargado de incrementar la presión atmosférica a una mayor presión para luego ser utilizado en los fines convenientes. Para la fabricación de cintas se utilizará el aire, con una finalidad de generar presión de fricción mediante rodillos de goma contra uno de metal para lograr el desplazamiento de la película en este proceso.

### **3.1.5. Estirado de la película**

Los rodillos son los encargados de dicho proceso, dependiendo el tipo de denier a fabricar se regulará las velocidades del motor en el área de estirado.

Toda calibración deberá ir de ser correlacionado todo el proceso para la elaboración de una cinta de alta calidad.

### 3.1.6. Proceso de embobinado

Las embobinadoras son las encargadas de dar el terminado del proceso aun tamaño deseado para posteriormente ser trasladado a otra área para continuar el proceso de fabricación de sacos.

Cada vez que dicha bobina tome el peso y tamaño programado, se procede a retira y colocar otra canilla y así continua el proceso de embobinado.

### 3.2 Determinar los elementos relevantes para el diseño del sistema de alimentación para la máquina extrusora

Para determinar los principales elementos que influyen en el diseño del sistema de alimentación de la máquina extrusora, debemos de detallar todo la elaboración de la tela de polipropileno, el cual la alimentación ala extrusora es fundamental para que cumpla con la producción de todo la máquina para elaborar los sacos de polipropileno.

#### 3.2.1. Los elementos más relevantes que se consideran para el diseño son los siguientes:

- Selección del sistema motriz adecuado de acuerdo al requerimiento de la máquina.

Se seleccionará de acuerdo a la necesidad del sistema y tipo de partícula a transportar.

Capacidad de la máquina extrusora: 120 kg/h.

- Selección de tubería de succión y presión.

#### Área de tubería de succión y presión:

$$A_{ts} = \frac{\pi}{4} * D_t^2$$

$$A_{tp} = \frac{\pi}{4} * D_{tp}^2$$

$A_{ts}$  = área de tubería ( $m^2$ ).  $A_{ts} = 0,0020 m^2$

$A_{tp}$  = área de tubería ( $m^2$ ).  $A_{ts} = 0,0020 m^2$

### Caudal de aire en succión y presión:

$$Q_{gs} = V_{gr} * \epsilon * A_{ts} \quad Q_{gp} = V_{gr} * \epsilon * A_{tp}$$

$$Q_{gs} = \text{Caudal de gas en succión [m}^3/\text{s]} \quad Q_{gs} = 0,0198 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{gp} = \text{Caudal de gas en succión [m}^3/\text{s]} \quad Q_{gp} = 0,0198 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{gr} = \text{Velocidad de transporte recomendado [m/s]. } V_{gr} = 10 \text{ m/s}$$

$$\epsilon = \text{Porosidad} \quad \epsilon = 0.99$$

### Flujo másico del gas en succión y presión:

$$\dot{m}_{gs} = Q_{gr} * \rho_g \quad \dot{m}_{gp} = Q_{gp} * \rho_g$$

$$\dot{m}_{gs} = \text{Flujo másico en succión [kg/s]} \quad \dot{m}_{gs} = 0.023 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{gp} = \text{Flujo másico en presión [kg/s]} \quad \dot{m}_{gp} = 0.023 \text{ kg/s}$$

- Determinar la caída de presión del sistema de succión y presión.

Las pérdidas de energía (presión) se calculará en la etapa de succión y presión. Los parámetros más relevantes para el cálculo será la velocidad dinámica del fluido, densidad del material.

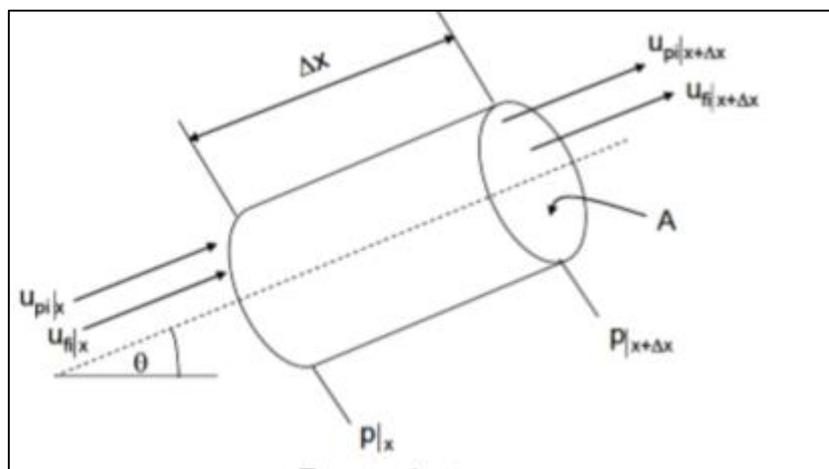


Figura 12: Flujo de aire en tuberías.

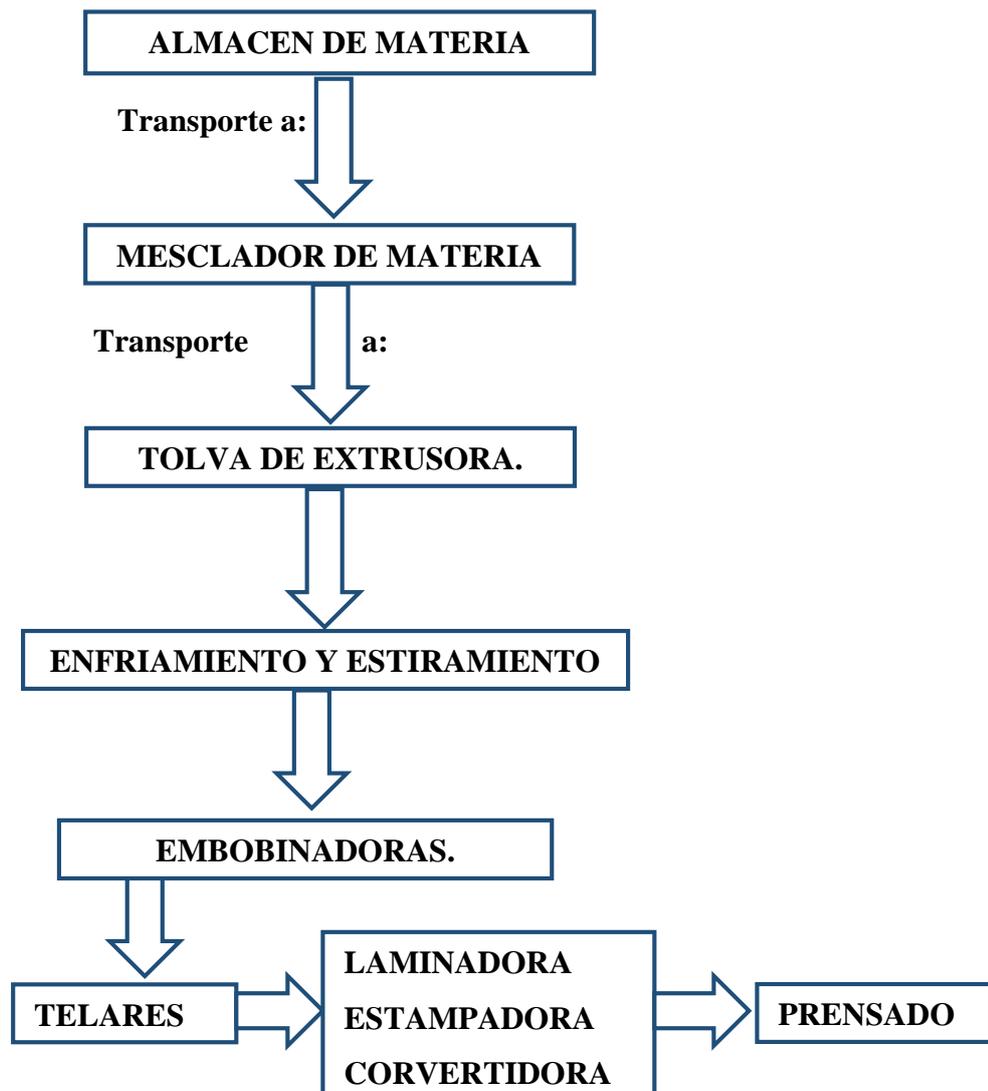
Fuente: Transporte neumático.

Se procede a describir el flujo de elaboración de cintas de polipropileno para la elaboración de sacos industriales.

### Sistema de Producción.

Un proceso de producción se encuentra unido de forma dinámica y a su vez orientada a la transformación de dichos partes. Por lo tanto, los elementos de entrada también se consideran elementos de salida, incrementando su valor.

#### DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EXTRUSORA.



La extrusión es empleado industrialmente durante los últimos 50 años. Gracias a la extrusión se obtienen una gran gama de productos como: hilos delgados, hasta la de una ancha y gruesa película. En este paso se menciona las etapas de elaboración de sacos:

### **3.2.2. Recepción de Materia Prima**

La materia prima, es comprada del exterior del país, una vez llegada es almacenada en la planta; donde cada bolsa pesa 25 kg.

El polipropileno se debe mantener alejado del sol y aún más de la humedad para obtener un producto de calidad.

### **3.2.3. Mezclado**

El mezclado de la materia es ejecutado por un ayudante según el requerimiento de la producción; la cantidad de aditivo a utilizar lo determina el supervisor del área, los aditivos va determinar el denier de la cintas que se requiere procesar (estas mezclas ya están formuladas).



Figura 13: Mesclador de materia prima.

Fuente: Autoría propia.

**Tabla 2:** Consumo de materia mensura.

MES	KILOGRAMO TOTAL DE INSUMO
may-19	3500
Jun-19	4000

Fuente: Autoría propia

**Tabla 2:** Se aprecia el consumo total por mes de materia prima, ya que desde la extrusora empieza todo el proceso de fabricación del saco.

### 3.2.4. Recepción de bobinas

Los ayudantes de extrusión, cada vez que se cambia de canilla se encargan de pesar, registrar la cantidad de producción.



Figura 14: Almacenaje de bobina.

Fuente: Autoría propia.

### 3.2.5. Montaje de trama y urdimbre

Esta etapa los ayudantes del área de telares son los encargados de colocar las bobinas en el urdimbre, la cantidad de bobinas va depender del tipo de tejido a elaborar. El tiempo que lleva a montar las bobinas generalmente para un telar es de 3 horas aproximadamente.

Dicha actividad no es con frecuencia se realiza siempre y cuando haya pedidos de diferentes denieres.



Figura 15: Montaje de urdimbre a telares.

Fuente: Autoría propia.

### 3.2.6. Tejido

El tejido es ejecutado por una máquina llamada telar el cuál es el encargado de tejer tanto el urdimbre y la trama, producto del tejido salen unos rollos con una gran cantidad de metros, el personal a cargo verificar la calidad del producto (si hay rotura de cinta).

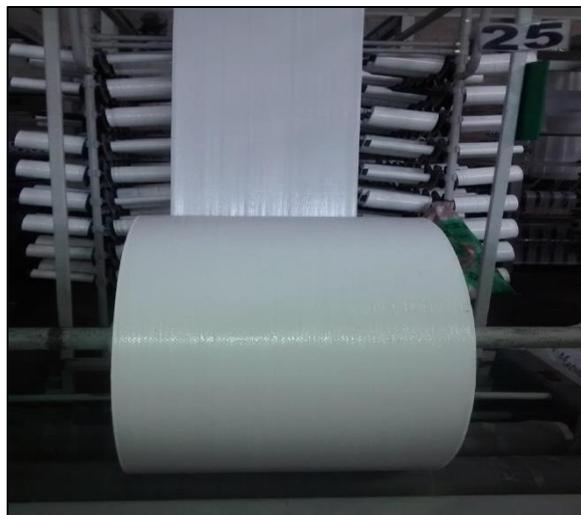


Figura 16: Rollo tejido de telar.

Fuente: Autoría propia.

### 3.2.7. Recepción del rollo

Los rollos son elaborados por los telares son almacenados en un lugar designado para posteriormente ser derivado ala área correspondiente ya sea laminadora e impresora.



Figura 17: Acopio de rollos.

Fuente: Autoría propia.

### 3.2.8. Proceso de Laminación

La laminación se ejecuta según el requerimiento del cliente donde se le coloca una capa cristalina de polipropileno en dicha manga para agregarle una mayor resistencia al producto.



Figura 18: Máquina laminadora.

Fuente: Autoría propia.

### 3.2.9. Proceso de Impresión

La finalidad de la impresión es plasmar un diseño requerido por el cliente. Ya sea imágenes, letras y otras cosas.

### 3.2.10. Corte y costura

Este proceso se realiza mediante una máquina llamada convertidora, donde se encarga de cortar y coser la manga según las especificaciones del producto, dicha máquina posee dos tipos de corte: en frío (corte recto) y caliente (corte zigzag), como también cuenta con hilos de gran resistencia para la costura del saco con diferentes colores.



Figura 19: Máquina convertidora.

Fuente: Autoría propia.

### 3.2.11. Recepción del producto terminado

El producto es prensado y enfardelado, posteriormente se aglomera en el almacén, para ser posteriormente entregar al cliente.



Figura 20: Fardos de sacos.

Fuente: Autoría propia.

Descrito la importancia del sistema de alimentación y la eficiencia de la máquina extrusora se describe las variables relevantes que se tendrán en cuenta para el diseño de la implementación:

### 3.3 Calcular los diversos mecanismos del nuevo sistema de alimentación para de la máquina extrusora

Los objetivos mencionados anteriormente, constan de implementar un sistema de transporte neumático que opera por presión negativa, para ejecutar pruebas y evaluar parámetros del sólido a granel (polipropileno), el cual podremos determinar de forma empírica la velocidad del transporte del material.

#### 3.3.1. Característica del sistema

- Capacidad de transporte:  
120 kg/h consumo de extrusora.
- Distancia de transporte:  
Succión: 3 m longitud vertical y diámetro 2 pulgadas.  
Presión: 3.5m longitud vertical y diámetro 2 pulgadas.
- Propiedad del material (polipropileno):  
Densidad:  $919 \text{ kg/m}^3$
- Fluido de transporte:  
Densidad:  $1.18 \text{ kg/m}^3$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  a 1 atmósfera de presión.

El sistema de transporte neumático que se planteó construir consta de 4 zonas principales.

- Sistema motriz.
- Zona de separación de material.
- Zona de succión de material.
- Zona de alimentación.

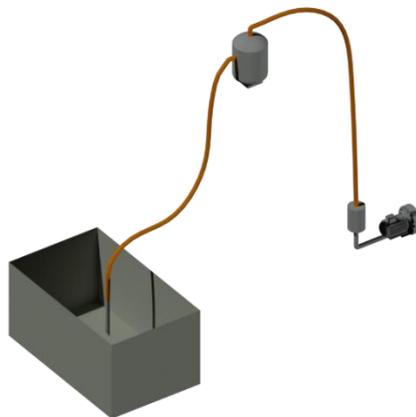


Figura 21: Sistema de alimentación.

Fuente: Autoría propia.

### 3.3.2. Sistema motriz

El sistema motriz es el equipo el que se encargará de succionar el material por presión negativa. Es una turbina sopladora de canales laterales, SAP-180 equipo que fue adquirido por la empresa CONFISAC. Diámetro interior 50.08 mm.

Detalles técnico se adjunta en el **Anexo nº4**.



Figura 22: Sistema motriz.

Fuente: Elmo Rietschle.

### Característica Turbina impulsora:

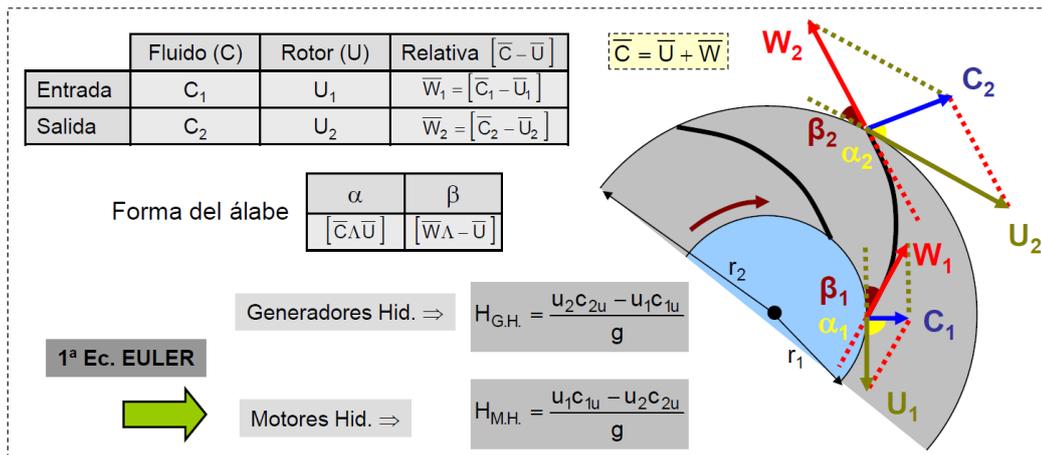


Figura 23: Teorema de Euler para diseño.

Fuente: Mecánica de fluidos.

## Características del Rodete

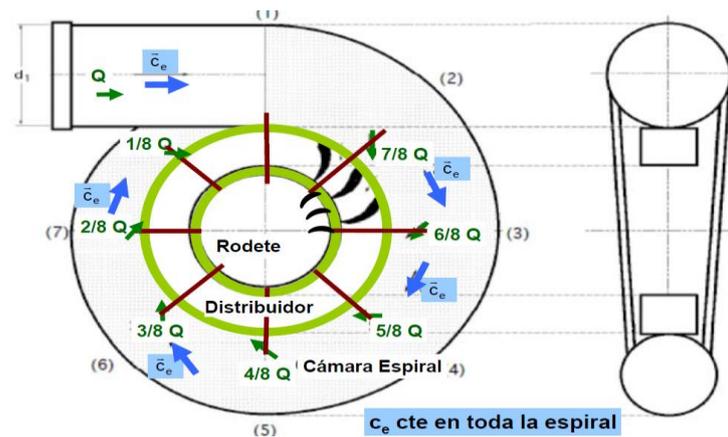
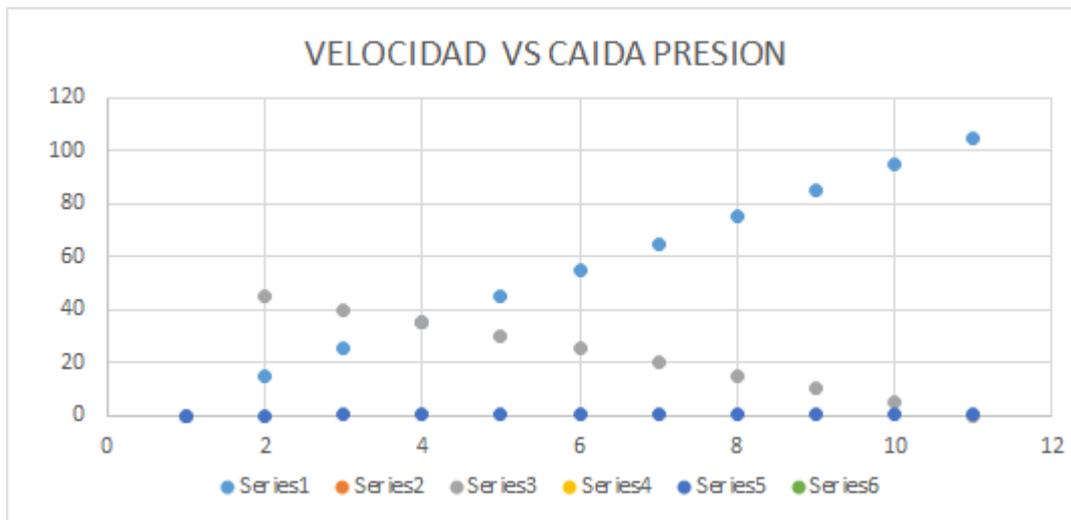


Figura 24: Dimensiones de turbina de succión.

Fuente: Mecánica de fluidos.

Es decir el sólido en suspensión (Pellet de Polipropileno), será conducido en fase densa-diluida, de acuerdo a lo determinado por la siguiente ecuación:

**Tabla 3:** Resultados de cálculo



Fuente: Autoría propia.

### 3.3.3. Separadores de partícula

Esta zona es donde el material transportado se almacena para luego ingresar a la extrusora y ser procesado. Debido al diseño que genera un vacío que se encuentra en el separador se almacena el material y el soplador expulsa el aire a la atmósfera.

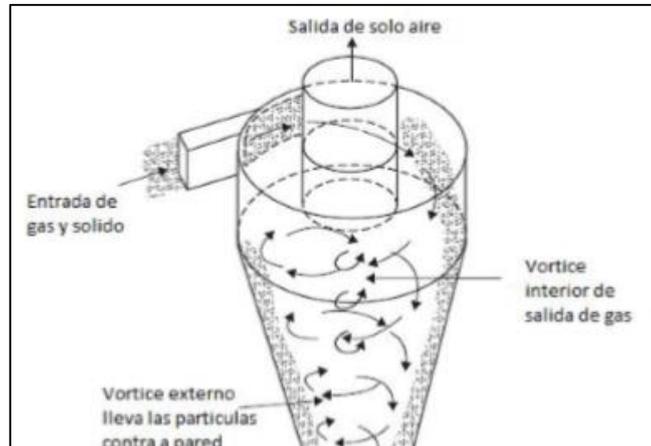


Figura 25: Separador de partícula.

Fuente: Transporte neumático.

Para el cálculo de sus principales dimensiones tenemos:

- Diámetro de Sección Cilíndrica : 0.3 Mts
- Altura de Sección Cilíndrica : 0.5 Mts
- Espesor de Plancha : 1/16 Pulgada
- Diámetro menor de sección tronco – cónica : 0.15 Mts
- Altura de Sección Tronco-cónica : 0.2 Mts

### 3.3.4. Zona de succión de material y presión

La zona de transporte de material está constituido por una manguera flexible con un diámetro interior de 0.0508m y una longitud de 3m.

### 3.3.5. Zona de alimentación

La zona de alimentación consta de un almacenamiento de material a granel para ser absorbido por el equipo instalado en el sistema.

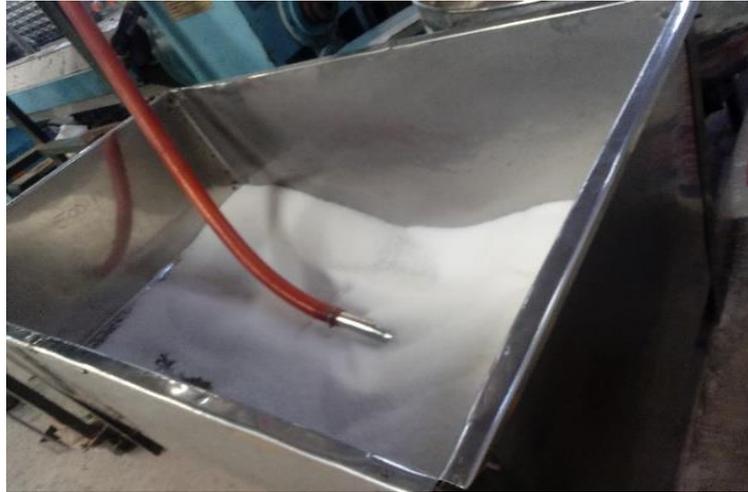


Figura 26: Almacenamiento de material

Fuente: Autoría propia.

### 3.3.6. Experimentación

El experimento consistirá en determinar la relación existente entre la velocidad del viento en los ductos de tuboflex, de diámetro interno de 2 Pulgada y una longitud total de 6.5 Mts, la variación de velocidad en los ductos, obtenida por la variación de velocidad de rotación del sistema motriz, la caída de presión producida en los ductos y la capacidad de transporte de pellets de polipropileno del sistema neumático materia del análisis.

Característica del sistema de transporte implementado.

Una vez diseñada el sistema se procederá a montar, a continuación se describe las caracterizando el sistema implementado. En la tabla n° 1.

**Tabla 4:** *Característica del sistema*

parámetro	característica
Tipo de fase	diluida
Presión	Presión negativa
Material de cañería	Tubo flexible
Largo de transporte de material	3 m
Diámetro interior de cañería	0.0508 m

**Fuente:** Autoría propia.

### **Instrumentos utilizados:**

**Anemómetro.** Se utilizará para medir la velocidad de aire a la salida del equipo.

**Balanza:** se utilizará para medir el peso de la masa almacenada el depósito utilizado como se muestra en el apéndice en la figura n°.

**Cronómetro:** instrumento utilizado para medir el tiempo de succión de dicho sistema.

Ver en apéndice imágenes de los equipos utilizados para las pruebas realizadas.

### **Material utilizado.**

Para la fabricación de cintas se necesita polipropileno (PP), para un buen funcionamiento del sistema implementado el material deben ser relativamente fino y que posean propiedades de fluidez. Detalle del material utilizado se describe en la tabla n° 2.

**Tabla 5:** *Característica de material*

Material	Densidad de partícula ( $\rho_s$ ) [ $kg/m^3$ ]	Tamaño de partícula ( $dp$ ) [ $mm$ ]	Forma de partícula
Polipropileno (PP).	910	2.2	Romboidea y ovalada

Fuente: Autoría propia.

### **Parámetro a medir.**

Para obtener resultados coherentes en el experimento mediante proceso de medición, se debe contar los instrumentos y equipos adecuados.

Parámetros a medir son:

Caída de presión total del sistema, flujo másico ( $\dot{m}$ ) y velocidad del aire de transporte, son valores de gran importancia para validar la implementación.

A continuación se describe el proceso de medición e instrumentos empleados para la obtención de datos en el sistema implementado.

**Flujo másico:**

$$\dot{m} = \rho VA \quad \dot{m} = 1.22 * 7.6 * 0.002025 \quad \dot{m} = 0.019 \text{ kg/s}$$

**Velocidad del aire de transporte:**

Velocidad asumida es de 10 m/s.

Velocidad medida mediante el instrumento utilizado para medir.

Ver figura en apéndice.

$$V = 7.6 \text{ m/s}$$

**3.3.7. Resultados**

**Tipo de flujo y diagrama de estado**

Dentro de las cañerías de un sistema de transporte neumático se forman diferentes tipos de flujo que se basa en la observación visual. Los diferentes tipos de flujo se determinan mediante el tipo de sistema, orientación de la cañería, tipo de material transportado y velocidad de transporte.

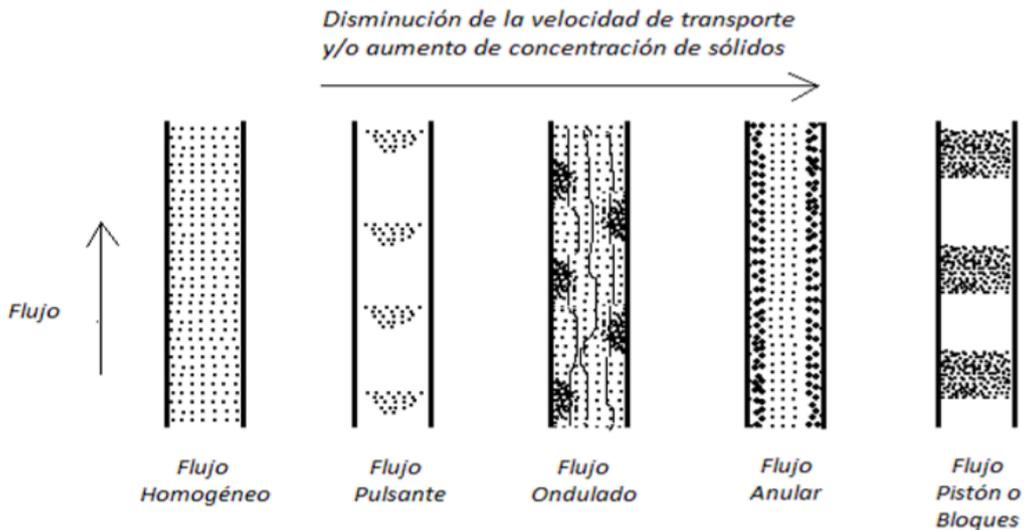


Figura 27: Tipo de flujo

Fuente: Transporte neumático.

En la figura 27: Se puede visualizar esquemáticamente cómo se comporta el flujo del material transportado dentro una cañería. El sistema instalado tiene un flujo pulsante.

### Diagrama de estado en cañerías verticales.

El diagrama de estado mostrado en la figura 5, para un sistema de transporte neumático vertical, muestra la curva para el aire solo ( $W_s = 0$ ), las curvas para distintos flujos de sólidos y tipos de flujos descrito en la figura 4. Además se puede determinar la presión mínima dentro del diagrama.

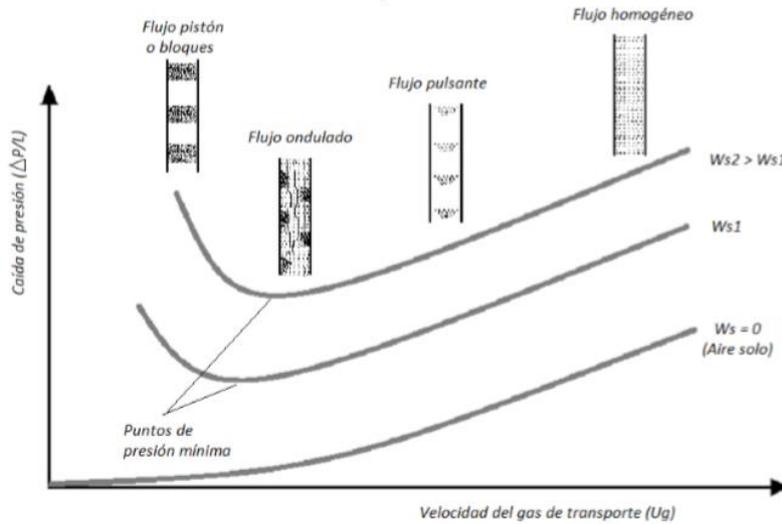


Figura 28: Diagrama de flujo.

Fuente: Transporte neumático.

A continuación se mostrará los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas.

La Balanza digital utilizada , tendrá las siguientes características : Marca : FWE , Modelo : Precisión Electrónica Weighing , Rango : 0 – 6000 grs , Resolución : 0,1 Grs

El la figura n°29, se pesa 10 kg de material para realizar pruebas de succión y determinar la variación de flujo y tiempo.



Figura 29: Material utilizado

Fuente: Autoría propia.

Se han tomado medidas de la velocidad del aire promedio, dentro de los ductos, exactamente a la salida del ventilador de tiro inducido (Esto quiere decir que a lo largo de los ductos de tuboflex, existe presión negativa).

Se utilizará un anemómetro de las siguientes características: Marca Kestrel, Modelo 1000, Rango de Medición de la Velocidad del Aire: 0,3 – 45 m/s, Rango de Temperaturas del Aire: 0 – 45 °C, Rango de Caudal del aire: 0 – 999,900 m<sup>3</sup>/Seg. Ver figura 5.



Figura 30: Anemómetro

Fuente: Kastrel.

El anemómetro irá en la boca de descarga del ventilador extractor (Tiro Inducido), que originalmente gira a 1,800 RPM. Ver figura de anexo.



Figura 31: Medición de flujo de aire.

Fuente: Autoría propia.

**Figura 30:** muestra la medición en vacío sin material, valor obtenido 8.8 m/s, una vez medido en vacío se procede a tomar medidas succionando material que a continuación se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6:** *Parámetros medidos*

N°	Tiempo (s)	Cantidad de material. (kg)	Velocidad de flujo de salida (m/s)
1	53	10	7.6
2	52	10	7.5
3	54	10	7.7
4	53	10	7.6
5	55	10	7.8
6	54	10	7.7
7	54	10	7.7

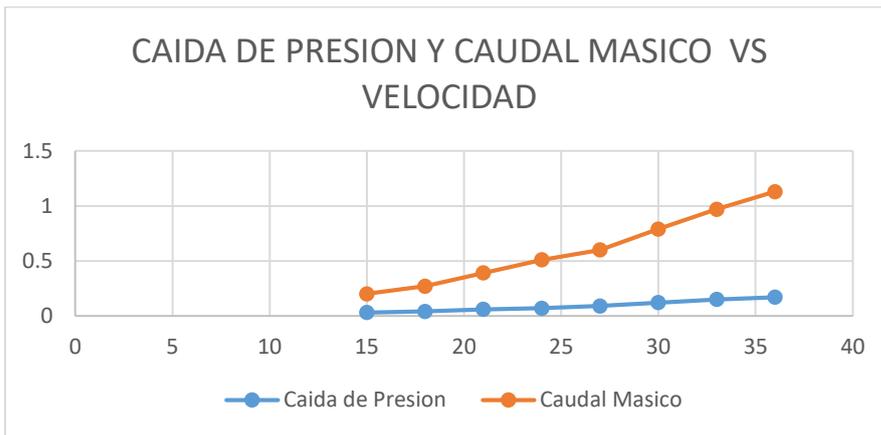
Fuente: Autoría propia.

**Tabla 6,** muestra los valores obtenidos tomando la velocidad en diferentes tiempos de rotación del ventilador, mediante el anemómetro, lo cual te registra el flujo de aire en la salida del ventilador. **Cantidad de material transportado 768 kg/h.**

La caída de Presión es la resultante de la caída de presión por fricción de acuerdo a la fórmula de Nanning y vencer la caída de presión por codos de 90°, caja de pase de 0.30 Mts \* 0.30 Mts, filtro, porta filtro, precipitado ciclónico, de Diámetro Mayor de 0.40 Mts, Diámetro Menor de 0.15 Mts, Altura de 0.50 Mts, tapa superior esférica de 0.05 Mts de altura, codo de ingreso de 45°

Producto de estos ensayos podemos elaborar los siguientes nomogramas, que relacionan Velocidad con Caída de Presión y Caudal Másico.

**Tabla 7:** Tabla de gráficos de datos medidos



Fuente: Autoría propia.

Donde podemos concluir que:

La capacidad de caudal másico, varía en forma exponencial con respecto a la velocidad del fluido

La Caída de presión, también varía de acuerdo a la velocidad del flujo.

### 3.4 Determinar el método estadístico para alcanzar el nivel de significancia de las pruebas realizadas.

Al analizar las eficiencias de deposición obtenidas en los precipitadores ciclónicos, trabajamos con los siguientes principios:

Tabla de rendimientos de precipitación:

**Tabla 8:** Eficiencia de ciclones

Familia de ciclones	Eficiencia de remoción (%)		
	PST	PM10	PM2.5
Convencionales	70 - 90	30 - 90	0 - 40
Alta eficiencia	80 - 99	60 - 95	20 - 70
Alta capacidad	80 - 99	10 - 40	0 - 10

Fuente: Potencia de ciclones.

De acuerdo a los datos experimentales obtenidos, tenemos que:

**Tabla 9:** *Datos experimentales*

DATOS EXPERIMENTALES DIA PART PPM y VEL TANG				
DIA /VEL . TANG	50	60	70	80
2	40	30	35	25
4	70	60	65	55
6	77	68	73	65
8	83	74	78	69
10	88	80	84	76
12	91	86	89	82
14	92	87	90	84
16	93	88	90	89

Fuente: Autoría propia.

### 3.4.1. Método estadístico

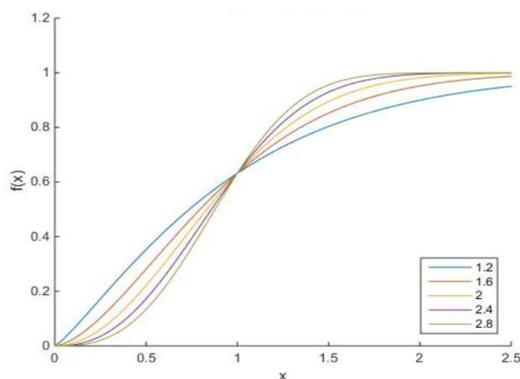
Se utilizará el método estadístico de la curva de Weibull, con las siguientes características:

#### Función de distribución de Weibull.

La función de distribución Weibull depende de dos parámetros denominados **c** y **k** y la función de distribución de Rayleigh de un sólo parámetro. Esto hace que la primera sea más versátil y preferida que la segunda por lo que la estableceremos como modelo.

Que en el caso de una función acumulada de probabilidad, opta por la siguiente forma:

**Tabla 10:** *Probabilidad acumulada*



Fuente: Autoría propia.

Los valores obtenidos son validados, por la prueba de confianza **chi-cuadrado**, la cual determina el porcentaje de error de tomar como cierta una hipótesis inválida y el porcentaje de error de tomar como no cierta una hipótesis válida, de acuerdo al siguiente esquema:

Esta prueba puede realizarse con datos medibles en una escala nominal. La hipótesis nula de la prueba Chi-cuadrado postula una distribución de probabilidad totalmente especificada como el modelo matemático de la población que ha generado la muestra.

Para ejecutar este contraste se tienen datos en una tabla de frecuencias. Para cada valor o intervalo de valores se indica la frecuencia absoluta observada o empírica ( $O_i$ ). A continuación, y suponiendo que la hipótesis nula es cierta, se calculan para cada valor o intervalo de valores la frecuencia absoluta que cabría esperar o frecuencia esperada ( $E_i = n \cdot p_i$  donde  $n$  es el tamaño de la muestra y  $p_i$  la probabilidad del  $i$ -ésimo valor o intervalo de valores según la hipótesis nula). El estadístico de prueba se basa en las diferencias entre la  $O_i$  y  $E_i$  y se define como:

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Este estadístico tiene una distribución Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad si  $n$  es suficientemente grande, es decir, si todas las frecuencias esperadas son mayores que 5. En la práctica se tolera un máximo del 20% de frecuencias inferiores a 5.

Si existe igualdad perfecta entre las frecuencias observadas y el esperado dicho estadístico tomará un valor igual a 0; por el contrario, si existen unas grandes discrepancias entre estas frecuencias el estadístico tomará un valor grande y, en consecuencia, se rechazará la hipótesis nula. Así pues, la región crítica estará situada en el extremo superior de la distribución Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad.

#### **IV. DISCUSIÓN**

La propuesta del sistema de transporte neumático de la extrusora, es una necesidad debido a que los constantes paradas de la máquina.

Con el sistema de transporte neumática actual, el cual está constituido por una persona que alimenta a través de una escalera, este tipo de sistema de alimentación de materia tiene muchas paradas en la máquina.

El sistema propuesto de la implementación de un sistema neumático de presión negativa o succión, evitará las paradas innecesarias de la máquina evitando consumo excesivo de energía y pérdida de tiempo en la producción, obteniendo como resultado la producción continua de cintas de polipropileno para la producción de sacos.

Edwin Sánchez en su tesis “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO DE DOS ETAPAS MIXTO PARA QUINUA CON CAPACIDAD DE 40 QUINTALES HORA” busca implementar un sistema de transporte neumático por succión para lograr transportar material a granel a una distancia determinado por el proceso.

Alejandro Coquí en su tesis “DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD MÍNIMA DE TRANSPORTE EN CAÑERÍAS VERTICALES PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE NEUMÁTICO” busca determinar las variables relevantes para el diseño de un sistema de alimentación mediante transporte neumático que son los siguientes: determinar las caída de presión tipo de flujo en un sistema y demás parámetros que influyen en dicho sistema.

Los sistemas de alimentación a presión negativa o tiro inducido son los más apropiados pues son los que garantizan la menor contaminación ambiental posible, menor nivel de ruido y menor cantidad de pérdidas o mermas.

Una alimentación uniforme por presión uniforme es muy efectiva para lograr la uniformidad de la alimentación, así de esta manera se logra una mayor eficiencia de alimentación, se disminuye las mermas.

La capacidad de carga de pellets de polipropileno del sistema de alimentación, varía de manera exponencial con respecto a la velocidad del aire dentro de los ductos, los cuales lo hacemos variar, modificando la velocidad de rotación del ventilador.

La caída de presión ocurrida en los ductos, también es una función de la velocidad del aire, la cual varía por acción de un variador de velocidad de rotación, por variación de frecuencia de la corriente eléctrica.

## V. CONCLUSIONES

Realizado el diseño, se concluyó que el sistema de transporte neumático por succión es el adecuado para transportar el material de polipropileno a granel, capacidad del sistema implementado es de 768 kg/h y requerimiento de la máquina extrusora es de 120 kg/h, nos permitirá alimentar la extrusora sin interrupciones cuando requiere de material para su proceso de elaboración de cintas. Este sistema tendrá como beneficio ahorro de mano de obra, optimización de tiempo y paradas de producción.

La carga estática del diseño es bastante elevado, ya que el tipo de sistema motriz facilitado por la empresa.

El caudal de aire adquirido por el ventilador va por encima del cálculo, ya que mejor se asemeja de acuerdo a la tabla del sistema motriz seleccionado.

La industria de la conformación de telas de polipropileno es una industria importante en la región Lambayeque, por la presencia de los molinos de pilar arroz, que la utilizan para el ensacado del arroz pilado en sus diversas modalidades para su traslado a los centros de ventas y consumo.

La automatización es un factor importante en la optimización de la industria de sacos de polipropileno, los cuales son de vital importancia en la industria molinera para la región Lambayeque, pero con un factor de competitividad cada vez más importante.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ejecutar un análisis de desgaste en el sistema debido a la fricción entre el la partícula con la pared de las tuberías y turbina.

Se recomienda a utilizar un filtro adecuado para no evitar mucha caída de presión en el sistema implementado.

Se recomienda medir con un vacuómetro la caída de presión real que existe en el sistema.

## REFERENCIAS

**ALCALDE, Pablo. 2014.** Instalaciones eléctricas y automáticas. 2° ed. España : Ediciones Paraninfo., 2014. 9788428398787.

**BELTRÁN Maribel y MARCILLA, Antonio. 2012.** Tecnología de polímeros: Proceso y Propiedades. s.l. : UNIVERSIDAD DE ALICANTE. SERVICIO DE PUBLICACIONES, 2012. pág. 276 págs. 9788497172325.

**CABREJOS, Francisco, JOFRE, María Y ROJAS, Jorge.** Transporte neumático de materiales sólidos a granel. Universidad TécnicaFederico Santa María. España : s.n. Ingeniero mecánico.

**CHUTA Hanco, Mauro . 2014.** Estudio de la fluencia térmica del PET en el proceso de termoformado. tesis (ingeniero de materiales). Universidad Nacional de San Marco. Arequipa : s.n., 2014. pág. 9.

**ESGUIZABAL Herrera , Marvin. 2017.** Reducción del material de desechos mediante la optimización de recursos en la línea de soplado la empresa ESCOPLAST. Tesis (Ingeniero industrial). UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA . Guatemala : s.n., 2017. pág. 123.

**GARCÍA, Mónica. 2017.** Fundamentos del diseño de la ingeniería,. 3°ed. valencia : universidad politécnica de valencia, 2017. pág. 14. 978483633861.

**GÓMEZ Camacho, Fiorella y PÉREZ Aguilar, Ángela. 2016.** Evaluación del área de producción aplicando metodología caso I e identificación de indicadores que incrementan la rentabilidad de la empresa el ÁGUILA S.R.L en Chiclayo-2014. tesis (contador público). UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO. Chiclayo : s.n., 2016. pág. 93.

**GUTIÉRREZ Martínez, Mario y RUIZ moreno, Mario. 2017.** Diseño e implementación de variadores de frecuencia en máquinas extrusoras de plásticos para mejorar los procesos y ahorrar energía en la empresa PLASTINIK S.A. Tesis (Ingeniero Eléctrico). Universidad nacional de ingeniería. Managua : s.n., 2017. pág. 5.

**HEREDIA Espinosa , Anais del rosario. 2016.** Reducción de mermas en la producción de sacos de polipropileno para la mejora de la productibilidad en la empresa el ÁGUILA S.R.L. tesis (Ingeniero Industrial). UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO. chiclayo : s.n., 2016. pág. 163.

**JIMÉNEZ, Camilo, MALPICA, Yeison y MENESES, Diego. 2016.** Estudio de prefactibilidad para la creación de una empresa productora de resinas de plástico recuperado pet (polietilen teleftarato) en la ciudad de Bogotá. Bogotá. : s.n., 2016. pág. 10.

**LONDOÑO Ticora, Mauricio. 2012.** Estudio de prefactibilidad para la creación de una empresa productora de resinas de plástico recuperado pet (polietilen teleftarato) en la ciudad de Bogotá. SANTIAGO DE CALI : s.n., 2012. pág. 15.

**MAMANI Pacori, Ego y TALAVERA Mejía, Sócrates. 2013.** Diseño y automatización de una planta de extrusión de plástico reciclado utilizando plc micrologix 1100 de allen-bradley. Tesis (Ingeniero Electrónico). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO . Puno : s.n., 2013. pág. 12.

**NARVÁEZ Garzón, Wilian y SUÁREZ Terán, Jorge. 2014.** Diseño e implementacion de un sistema de control de temperatuta ´para la maquina extrusora de granos del laboratorio de ciencia de alimentos y biotecnologia de la escuela politecnica nacional. tesis (Ingeniero en elctronica y control). Escuela politecnica nacional . Quito : s.n., 2014. pág. 106.

**PAREDES López, José Javier. 2016.** Diseño de aire comprimido y transporte neumático en un astillero. Universidad politécnica de Cartagena. Cartagena : s.n., 2016. pág. 64, Ingeniería Naval y Oceánica.

**RAUWENDAAL, Chris, GONZALES, Rubén y RODRÍGUEZ, Denis.** Procesamiento de polímeros: Extrusión. [aut. libro] Chris RAUWENDAAL y Ruben Y RODRIGUE, Deñis GONZALES. enciclopedia de polímeros. pág. 1.

**SOFINA, S. 2012.** PLASCTICS TECHNOLOGY. s.l. : PARTE 1, 2012. 978-5-7882-1295-1 .

**Technology, plastics. 2018.** Transporte de resinas. [En línea] 2018. <https://www.pt-mexico.com/knowledgecenter/transporte-de-resinas/Componentes/Cargadores-por-vacio>.

## ANEXOS

**Anexo N° 1:** Sistema de alimentación actual.



**Anexo N° 2:** Sistema de alimentación implementado.

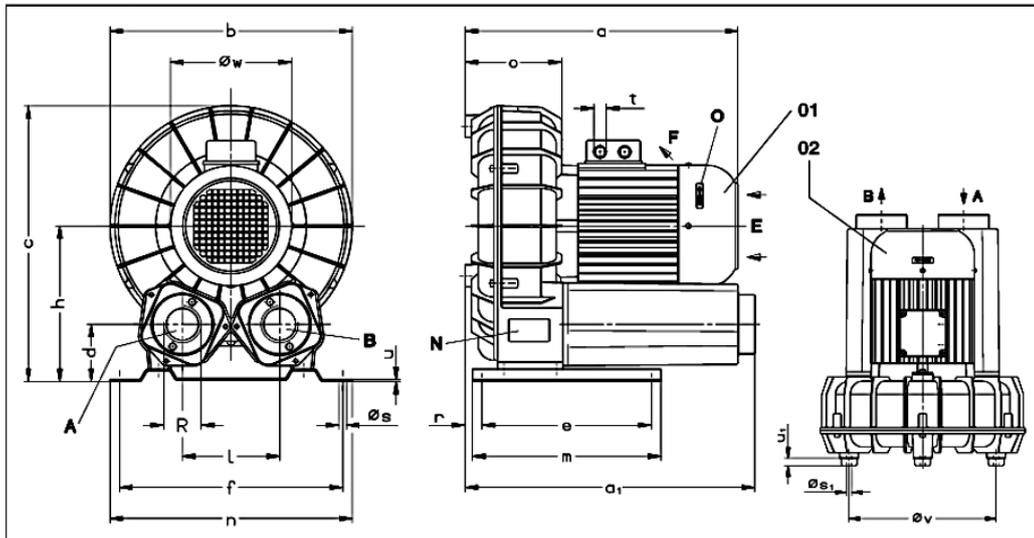


Anexo N° 3: Datos técnicos de sistema motriz.

Daten



	Seitenkanal- Vakuumpumpen	Side channel vacuum pumps	Turbine latérale vide	Pompe per vuoto a canali laterali
--	------------------------------	------------------------------	--------------------------	--------------------------------------



01	Normal-Ausführung	Standard version	Exécution standard	Esecuzione standard
02	Vertikal-Ausführung	Vertical version	Exécution verticale	Esecuzione verticale
A	Vakuum-Anschluss	Vacuum connection	Raccord du vide	Attacco vuoto
B	Abluft-Anschluss	Exhaust air connection	Raccord air d'échappement	Raccordo aria di scarico
E	Kühlluft-Eintritt	Cooling air entry	Entrée air refroidissement	Entrata aria di raffreddamento
F	Kühlluft-Austritt	Cooling air exit	Sortie air refroidissement	Uscita aria di raffreddamento
N	Datenschild	Data plate	Étiquette caractéristique	Targhetta dati
O	Drehrichtungsschild	Direction of rotation	Flèche sens rotation	Targhetta senso rotazione

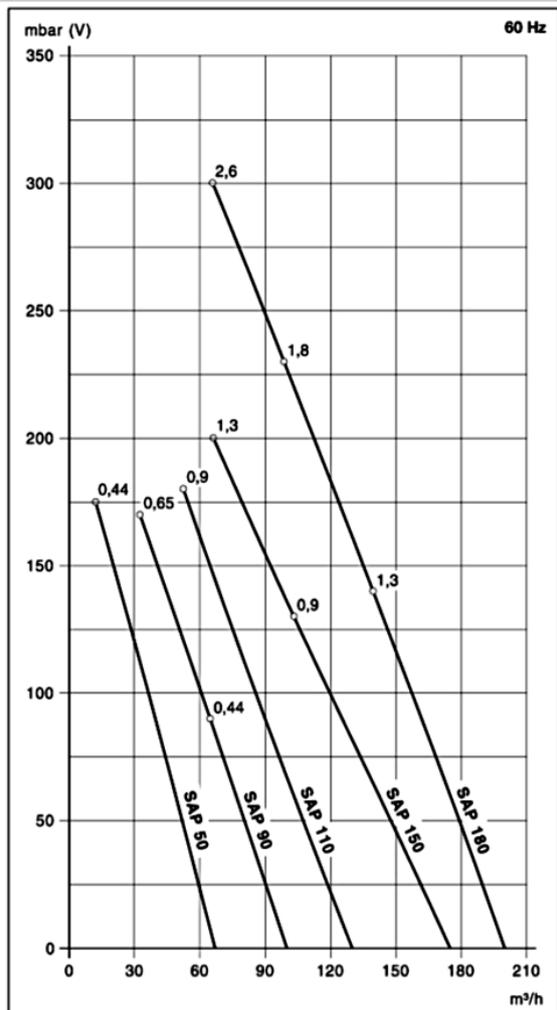
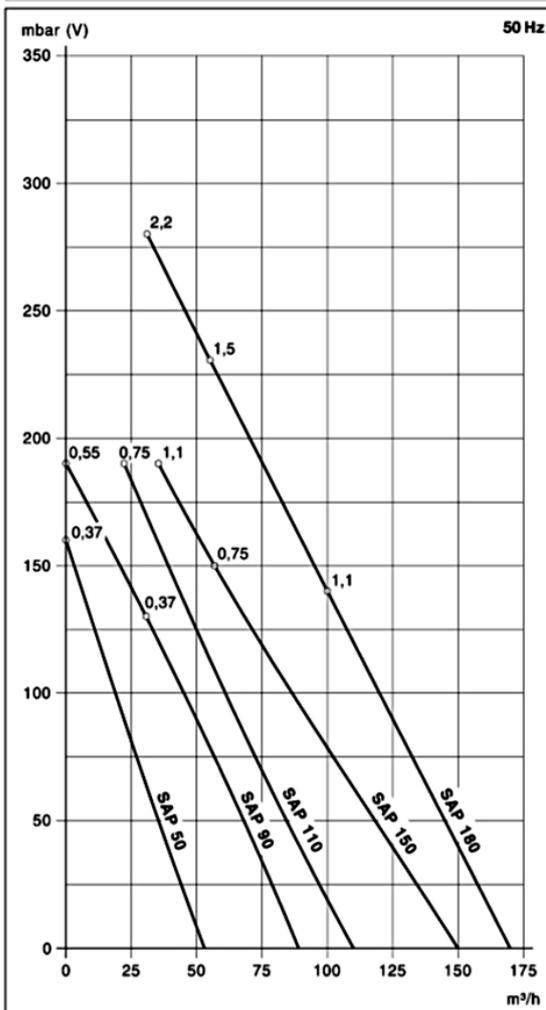
G-SAP		50	90	110	150	180
[mm]	a	3-304 1-333	327 342 342 342	- 333 - 333	334 369 369 369	367 371 367 406
	a <sub>1</sub>	300	331	344	345	390
	b	234	251	282	282	332
	c	267	296,5	322	322	381
	d / h	58 / 150	68 / 171	68 / 181	68 / 181	80 / 215
	e / f	220 / 226	220 / 226	220 / 226	220 / 226	270 / 275
	m / n	240 / 246	240 / 246	240 / 246	240 / 246	300 / 305
	l	104	110	110	110	133,5
	o / r	108 / 26	118,5 / 24,5	127 / 19	133 / 19	126 / 23
	os / os <sub>1</sub>	11 / M6	11 / M6	11 / M6	11 / M6	11 / M6
	t	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5	M 20 x 1,5
	u / u <sub>1</sub>	2 / 20	2 / 20	2 / 20	2 / 20	3 / 20
	ov	190	204	230	230	280
	ow	139	139	157	157	157 177 177
	R	G 1	G 1 1/4	G 1 1/2	G 1 1/2	G 2

ZRK	50 Hz	25 (05)	32 (05)	40 (05)	40 (05)	50 (05)
ZUV/ZBS	60 Hz	-	ZBS 40	ZBS 40	ZBS 40	ZBS 40
ZVF		32 (72)	32 (73)	40 (73)	40 (73)	50 (73)
ZGD		25 (06)	32 (06)	40 (06)	40 (06)	50 (06)
ZFP		145 (06)	216 (07)	216 (06)	216 (06)	216 (01)
ZMS (3-)	50 Hz	25/16	25/16 40/25	- 63/40	63/40 63/40	63/40 100/63 160/100
	60 Hz	25/16	25/16 40/25	- 63/40	63/40 100/40	100/40 100/63 160/100
ZMS (1-)	50 Hz	40	40 63	- 100	63 100	100 100 -
	60 Hz	40	40 63	- 100	100 100	100 - -
ZWS		61 (10)	61 (11)	61 (12)	61 (12)	83 (10)

ZRK	Zubehör	Optional extras	Accessoires	Accessori
ZUV/ZBS	Rückschlagventil	Non-return valve	Clapet anti-retour	Valvola di non ritorno
ZVF	Saug-Begrenzungsventil	Vacuum limitation valve	Limiteur de dépression	Valvola limitatrice di aspirazione
ZGD	Vakuumdichter Ansaugfilter	Vacuum tight suction filter	Filtre d'aspiration étanche	Filtro aspirazione ermetico
ZFP	Zusätzlicher Schalldämpfer	Additional silencer	Silencieux complémentaire	Silenziatore supplementare
ZMS	Staubabscheider	Dust separator	Filtre séparateur	Separatore polveri
ZMS	Motorschutzschalter	Motor starter	Disjoncteur moteur	Interruttore magnetotermico
ZWS	Wechselschaltung	Change over valve	Inverseur de débit	Valvola di inversione

G-SAP		50		90		110		150		180	
m³/h	50 Hz	53		89		110		150		170	
	60 Hz	67		100		130		175		200	
mbar (V)	50 Hz	160	130	190	-	190	150	190	140	230	280
	60 Hz	175	90	170	-	180	130	200	140	230	300
3-	50 Hz	200-255/346-440V ± 5%									
	60 Hz	200-277/346-480V ± 5%									
1-	50 Hz	230V ± 10%									
	60 Hz	230V ± 10%									
kW	50 Hz	0,37	0,37	0,55	-	0,75	0,75	1,1	1,1	1,5	2,2
	60 Hz	0,44	0,44	0,65	-	0,90	0,90	1,3	1,3	1,8	2,6
A (3-)	50 Hz	2,1/1,20	2,3/1,3	3,0/1,75	-	4,3/2,5	4,3/2,5	5,75/3,3	5,75/3,3	8,7/5,0	12,1/7,0
	60 Hz	2,1/1,20	2,3/1,3	3,46/2,0	-	4,8/2,8	4,8/2,8	6,4/3,7	6,4/3,7	7,7/4,5	11,3/6,5
A (1-)	50 Hz	3,0	3,7	4,6	-	6,5	6,2	9,2	9,2	9,5	-
	60 Hz	3,0	3,5	5,6	-	7,4	7,4	9,9	7,9	-	-
min <sup>-1</sup>	50 Hz	2850									
	60 Hz	3450									
dB(A)	50 Hz	61	60	62	-	63	62	63	64	65	66
	60 Hz	63	64	65	-	66	65	66	67	68	69
kg	3-	15,5	15	17	-	20,5	23	24	27	32,5	33
	1-	16	15,5	16	-	24,5	24,5	24,5	27	34	-

m³/h	Volumenstrom	Capacity	Volume engendré	Portata volumetrica
mbar	Druckdifferenz	Pressure difference	Pression différentielle	Differenza di pressione
V	Vakuumbetrieb	Vacuum operation	Fonction dépression	Esercizio in aspirazione
3-/1-	Motorausführung	Motor version	Exécution moteur	Esecuzione motore
kW	Motorleistung	Motor rating	Puissance moteur	Potenza motore
A	Stromaufnahme	Current drawn	Intensité absorbée	Corrente nominale
min <sup>-1</sup>	Drehzahl	Speed	Vitesse rotation	Numero giri
dB(A) - DIN 45635	Mittlerer Schalldruckpegel (Ausblasung über Schlauchleitung)	Average noise level (Discharge connected to a pipeline)	Niveau sonore moyen (Refoulement au travers d'un tuyau)	Rumorosità media (Scarico tramite tubazione flessibile)
kg	Max. Gewicht	Maximum weight	Poids maxi.	Peso massimo



Die Kennlinien (Toleranz ±10%) gelten für den Zustand im Saugstutzen bei 20°C und einem Gegendruck von 1 bar (abs.) / The curves have a tolerance of ±10% and are related to inlet conditions at 20°C and back pressure of 1 bar (abs.) / Les courbes (tolérance ±10%) sont établies pour de l'air aspiré à 20°C et une pression au refoulement de 1 bar (abs.) / Le curve caratteristiche (tolleranza ±10%) valgono per una temperatura di 20°C misurata alla bocca di aspirazione con una contropressione di 1 bar (ass.).  
 Technische Änderungen vorbehalten! / We reserve the right to alter technical information! / Sous réserve de modification technique! / Salvo modifiche tecniche!

Anexo N° 4: Datos técnicos del anemómetro.

 **Kestrel® 1000 POCKET ANEMOMETER**



**WIND SPEED • MAXIMUM WIND SPEED • AVERAGE WIND SPEED**

**Know your conditions**

Measure environmental conditions quickly and accurately

Wide range of wind speeds and a low start-up speed

Reliable, portable and easy to use



- Small, robust design
- Data hold function
- Large easy to read display
- Waterproof and floats
- High precision jewel mounted impeller
- Replaceable impeller assembly
- Long life lithium battery
- Low cost
- Includes protective cover, lanyard and battery
- 5 year warranty
- Choice of measurement units: Knots, Metres per second, Kilometres per hour, Miles per hour, Feet per minute and Beaufort Force



Measurement	Units of Measure	Accuracy	Range
Current, Max and Average Wind speed	knots, m/s, km/h, mph, ft/min, Beaufort (B)	±3% of reading or ±0.1 m/s	0.4 to 40 m/s

**DESCRIPTION**

The Kestrel 1000 pocket anemometer is the first and entry level of the Kestrel range, providing the user with accurate wind speed readings. It has three buttons below the display, making operation simple and allowing the user to view data in current, maximum or average displays, the buttons also allow operation of the data hold function.

The Kestrel 1000 is a small electronic rotating vane type anemometer, easily carried in a pocket. It uses high precision jewel bearings and a light weight impeller to provide accurate air flow measurements even at low speeds. The impeller assembly can be replaced by the user if damaged.

Low power microprocessor technology is used to provide speed, maximum speed, average speed and units selection; functions normally only found on more expensive instruments. The liquid crystal display has large 9mm high digits for a clear readout.

Power is from an easily replaceable standard lithium coin cell battery, which will typically give up to 300 hours of operation. The instrument automatically switches off if no keys are pressed for 45 minutes.

The Kestrel 1000 is made from high impact injection moulded plastic and corrosion resistant materials with the electronics fully sealed. It will float if accidentally dropped into water. There is a hard cover for protection when not in use and a lanyard is provided for added security.

All Kestrels have a 5 year warranty.

**APPLICATIONS**

- Agriculture** – checking conditions prior to crop spraying or burning
- Aviation** – gliders, para-gliders, micro-lights, parachutists and ballooning
- Construction** – site safety, working conditions, working at height in cranes or access vehicles
- Education** – air flow experiments, environmental studies, outdoor sports
- Heating and ventilation** – air flow through fans, checking condition of filters
- Industry** – air flow measurements, pollution control
- Science** – aerodynamics, environmental science and meteorology
- Fire fighters** – checking fire spreading hazard
- ALL** - sailors, walkers, model boats/air craft, kite flyers, archery, shooting, fishing, golf & athletics

**SPECIFICATION**

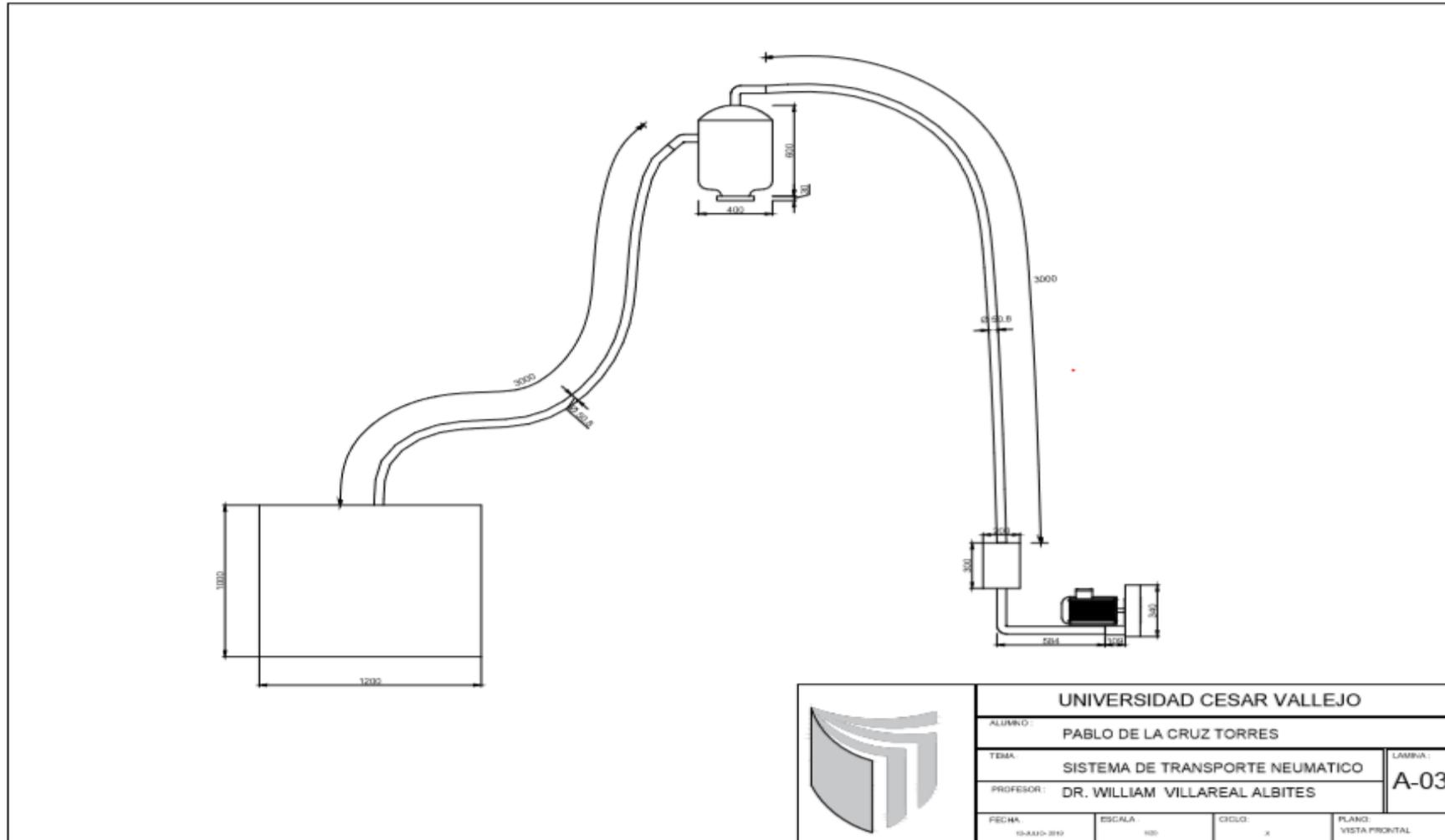
<b>Physical</b>	Dimensions	122mm x 42mm x 20mm	
	Cover dimensions	122mm x 46mm x 26mm	
	Weight	65g	
	Cover weight	37g	
	Lanyard	0.5m	
	Case colour	Blue	
<b>Display</b>	Display type	Reflective 3½ digit LCD.	
	Digit height	8mm	
	Display update	1 second	
	Functions	Current wind speed (3 second average)	
		Average speed since power on (AVG)	
Maximum 3 second gust since power on (MAX)			
Data hold (HOLD)			
Speed units	kt, m/s, km/h, mph, ft/min, Beaufort Force (B)		
<b>Performance</b>	Speed (1 sec response)	Operational range	0.4m/s to 60m/s (0.8 to 135.0mph)
		Specification range	0.4m/s to 40m/s (0.8 to 89.0mph)
		On axis accuracy	Larger of ± 3% of reading or least significant digit. (Some loss of accuracy from bearing wear may occur with sustained operation at or near maximum speed)
		Off-axis response	-1% @ 5°, -2% @ 10°, -3% at 15°
		Calibration drift	<1% after 100hrs operation at 7m/s
		Resolution	0.1 kt, m/s, km/h, mph. 1 FPM below 1999 FPM, 10 FPM above 2000 FPM. 1 Beaufort (0 to 12)
<b>Sensor</b>	Impeller	Diameter 25mm. High precision axle and jewel (sapphire) bearings. User replaceable impeller assembly	
<b>Environmental</b>	Sealing	Electronics enclosure IP67 [Water resistant]	
	Shock	Drop tested (MIL-STD.810F - unit only)	
	Temperature	Operating range: -10°C to +55°C (for LCD readability and batteries) Storage range: -30°C to +60°C	
	EMC	CE marked	
<b>Miscellaneous</b>	Battery	Lithium coin cell CR2032, included, user replaceable	
	Battery Life	300 hours of use, typical	
	Auto switch off	45 minutes after last key press	
	Cover	Snap on hard cover for protection	
	Certification	Wind speed measurements are tested during manufacture. A certificate of conformity (C of C) is included with each Kestrel. A calibration certificate is available for an additional fee.	
	Guarantee	5 years	

Anexo N° 5: Propiedades del polímero.

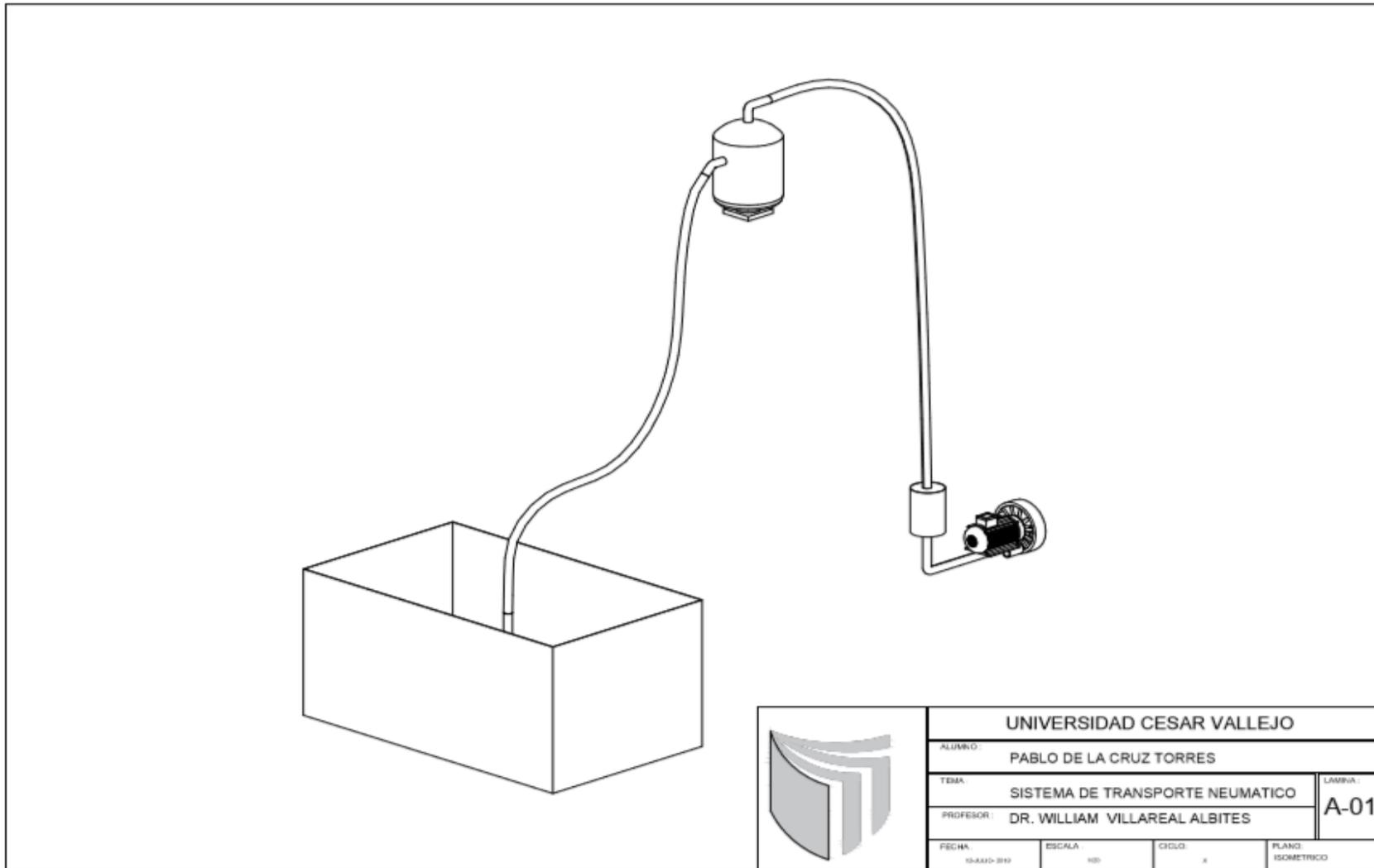
**PROPIEDADES FISICAS POLIPROPILENO (PP)**

<b>PROPIEDADES</b>	<b>Metodos de ensayo ISO/(IEC)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
Color	-	-	Marron claro
Densidad	DIN 53 479	g/cm <sup>3</sup>	0,91
<b>PROPIEDADES TERMICAS</b>			
Temperatura de Fusion	DIN 53 736	°C	165
Conductividad termica a (23°C)	-	W/(K-m)	0,22
Temperatura de transicion vitria	-	10 <sup>5</sup> .(1K)	-18
Capacidad calorica especifica (23° C)	-	5(g.k)	1,7
Temperatura maxima de servicio:	-	-	-
-en periodos cortos	-	°C	130
-en periodos largos	-	°C	100
Coefficiente de dilatación lineal (23°C)	-	10 <sup>5</sup> ,1k	11
<b>PROPIEDADES MECANICAS A 23°C</b>			
Ensayo de tracción	-	-	-
-esfuerzo en el punto de fluencia	DIN 53 455	MPa	35
-elongacion a la rotura	DIN 53 455	%	650
-modulo de elasticidad a la tensión	DIN 53 457	-	1
-Resistencia al impacto	DIN 53 457	Kj/m <sup>2</sup>	no rompe
-Coeficiente dinamico de fricción	-	N/mm <sup>2</sup>	0,3
-Dureza a la bola (30s)	DIN53457	Mpa	80
<b>PROPIEDADES ELECTRICAS A 23°C</b>			
Resistencia dielectrica	60243	Ohm	>10 <sup>13</sup>
Factor de disipación	DIN 53 483	-	0,0002
Resistencia especifica de paso	DIN 53 483	-	>10 <sup>17</sup>
Resistencia superficial	DIN 53 482	Ohm.cm	100
Coefficiente dielectrico	60250	-	2,25
Passatge dels Rosers s/n Nave C ( Cornellà de Ll. ) Tel. 93/473-48-03 Fax. 93/473-35-87 Email: info@elaplas.es			


**Anexo N° 6: Sistema de transporte neumático implementado.**



Anexo N° 7: Diagrama del Sistema.



### Anexo N° 8: Sistema eléctrico



## Acta de aprobación de originalidad de tesis

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **MG DECIDERIO ENRIQUE DIAZ RUBIO**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

### **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AL VACÍO PARA FORMADORAS DE CINTAS DE POLIPROPILENO"**

Del estudiante **DELA CRUZ TORRES PABLO**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **10%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó 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.

Chiclayo, 27 de diciembre de 2019



Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio

DNI: 16728343

Baboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
--------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

## Reporte de turnitin.

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AL VACÍO PARA FORMADORAS DE CINTAS DE POLIPROPILENO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>10%</b>	<b>7%</b>	<b>0%</b>	<b>8%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>binomiald.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.sc.ehu.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>alicia.concytec.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>www.waterymex.org</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV

 <b>UCV</b> <small>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</small>	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F05-PP-PI-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Págin: 1 de 1
--	--	---

Yo Pablo De la Cruz Torres, identificada con DNI N° 47509370 egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo  , No autorizo  la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Diseño de un sistema de alimentación al vacío para farmadoras de cintas de polipropileno"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822. Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 47509370

FECHA: 06 de febrero del 2020

Baboré	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SUC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
--------	----------------------------	--------	--------------------------------------	--------	---------------------------------

## Autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

#### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**DE LA CRUZ TORRES PABLO**

INFORME TÍTULADO:

**Diseño de un sistema de alimentación al vacío para formadoras de cintas de polipropileno.**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

SUSTENTADO EN FECHA

: 17-12-2019

NOTA O MENCIÓN

: Aprobado por mayoría



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
*[Firma manuscrita]*  
Dr. Dante Alfonso Corredor  
Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN