

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMÁTICO POR
TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN
UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTÓN CAYAMBE.

AUTOR: MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO

DIRECTOR: ING. DIEGO ORTIZ

IBARRA – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de grado **“DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMATICO POR TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTON CAYAMBE”**, fue desarrollado por el egresado Moya Bejarano Cristian Patricio bajo mi supervisión, por lo cual certifico a la verdad.

DATOS DEL CONVALIDADO	
Apellido y nombre	ORTIZ DIEGO
Identificación	1007500114
Fecha	2018/07/14
Título de Nivel	INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Ing. Diego Ortiz

DATOS DEL TITULO	
Título	DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMATICO POR TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTON CAYAMBE
Autores	MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO
Fecha	2018/07/14
Programa	INGENIERIA
Título por el que se aplica	INGENIERO EN ELECTRICIDAD

2.- AUTORIZACIÓN USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, con cédula de identidad N° _____, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del original respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para cumplir la responsabilidad de difusión y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior N° 145.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento depongo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	100350314-9
Apellidos y Nombres	MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO
Email	crimoyabej@gmail.com
Teléfono Móvil	0983530554

DATOS DEL CONTACTO	
Título	DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMÁTICO POR TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTÓN CAYAMBE
Autor	MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO
Fecha	2016/01/13
Programa	PREGRADO
Título por el que se aspira	INGENIERO EN MACATRÓNICA

2.- AUTORIZACIÓN USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, , con cédula de identidad N.º., en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO, con cédula de identidad Nro 100350314-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado "DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMATICO POR TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTON CAYAMBE" que ha sido desarrollado para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, quedando la universidad concedida para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento y la entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO

ING. BETTY CHÁVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA

Nombre: Moya Bejarano Cristian Patricio

Cedula: 100350314-9

Ibarra, a los 13 días del mes de enero de 2015

CONSTANCIA

Yo, MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que soy la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad Técnica Del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de enero de 2016

EI AUTOR: ACEPTACIÓN:



MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO
100350314-9
AUTOR



ING. BETTY CHÁVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA

DEDICATORIA

A mi familia en especial a mis padres quienes son los que día a día me impulsan a conseguir mis objetivos.

Cristian M.

AGRADECIMIENTO

Mis más profundos agradecimientos a Dios fuente de inspiración, mis padres y hermanos por darme las fuerzas y apoyarme en los momentos más difíciles.

A mis maestros y compañeros por su apoyo y sabiduría que me supieron transmitir en todo momento de mi desarrollo profesional.

Cristian M.

INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	¡Error! Marcador no definido.
CONSTANCIA.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<i>CAPÍTULO I SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</i>	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA	1
1.2.1 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	2
1.2.1.1 Selección de los granos	2
1.2.1.2 Tostado de granos	3
1.2.2 MEZCLA DE LA MATERIA PRIMA	3
1.2.3 OBTENCIÓN DE LA HARINA	4
1.2.4 EMPACADO	5
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.3 ALCANCE	6
1.4 JUSTIFICACIÓN	7
<i>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</i>	9
2.1 INTRODUCCIÓN	9
2.2 DOSIFICADORES	9
2.2.1 DOSIFICADORES DE SÓLIDOS SECOS Y SÓLIDOS EN POLVO	10
2.2.1.1 Dosificadores Volumétricos.....	10
2.2.1.2 Dosificador de tornillo.	10
2.2.1.3 Dosificadores volumétricos por vasos rotativos.....	11

2.2.1.4 Dosificador Gravimétrico.....	12
2.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA LA MÁQUINA DOSIFICADORA	13
2.3.1 MANEJO DE LA SUSTANCIA A DOSIFICAR.....	14
2.3.2 PRECISIÓN DESEADA.	14
2.3.3 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.....	14
2.3.4 COSTO.....	15
2.4 SELECCIÓN DE MATERIALES.....	15
2.4.1 ACERO INOXIDABLE	16
2.4.1.1 Principales elementos de aleación y su influencia	17
<i>CAPÍTULO III..... METODOLOGÍA</i>	
<i>19</i>	
3.1 INTRODUCCIÓN	19
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	19
<i>CAPÍTULO IV CRITERIOS DE SELECCIÓN Y CÁLCULOS DEL ASPECTO</i>	
<i>MECÁNICO 21</i>	
4.1 INTRODUCCIÓN	21
4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO PARA LA	
DOSIFICACIÓN.....	21
4.2.1 DISEÑO DE LA TOLVA	22
4.2.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA TOLVA	25
4.2.3 SIMULACIÓN DE ESFUERZOS EN LA TOLVA.....	27
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DOSIFICADOR DE PRODUCTO	29
4.3.1 TORNILLO SIN FIN	29
4.3.2 POTENCIA REQUERIDA	31
4.3.3 DISEÑO DEL EJE.....	37
4.3.4 SIMULACIÓN DEL EJE.....	39
4.3.5 DISEÑO DEL SISTEMA REMOVEDOR	41
4.3.6 SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE	41
4.3.7 SELECCIÓN DE ACTUADORES.....	44
<i>CAPÍTULO V CONTROL DEL SISTEMA.....</i>	47
5.1 INTRODUCCIÓN	47
5.2 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SERVO DRIVE	47
5.2.1 COMPONENTES DEL SERVO DRIVE	50
5.2.2 CONEXIONES Y PROTECCIONES DEL SERVO DRIVE	55
5.2.3 Tarjeta ZIP link ZL RBT50.....	58
5.2.4 MODOS DE OPERACIÓN DEL SERVO DRIVE SVL-2100.....	59

5.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	61
5.4 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL SERVO DRIVE SVA-2100.	63
5.5 CONTROL DEL SERVO MOTOR POR EL OPERARIO.....	65
<i>CAPÍTULO VICONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS.....</i>	67
6.1 INTRODUCCIÓN	67
6.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	67
6.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....	68
6.4 MONTAJE DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA	71
6.5 PRUEBAS DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS.....	73
6.5.1 PRUEBAS AL SISTEMA DOSIFICADOR	74
6.6 PRUEBAS DE CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS.....	76
6.6.1 MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR.....	76
6.6.2 MEDICIONES PARA UN MISMO VALOR DE REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR	81
<i>CAPÍTULO VII MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN</i>	83
7.1 INTRODUCCIÓN.....	83
7.2 MECANISMO	83
7.3 CHEQUEOS Y PROCEDIMIENTOS ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA.....	83
7.3.1 PUNTOS DE CHEQUEO	83
7.3.2 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	84
7.4 AJUSTE DE LA CAPACIDAD DE LLENADO	84
7.5 AJUSTE DE LA VELOCIDAD DE LLENADO	84
7.6 MANTENIMIENTO	85
7.6.1 PRECAUCIÓN:	85
7.7 SOLUCIONADOR DE DIFICULTADES	85
7.8 PRODUCTOS A DOSIFICAR	86
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura I.1: Proceso de producción del Uchu Jacu</i>	2
<i>Figura I.2: Selección y retiro manual de granos e impurezas</i>	2
<i>Figura I.3: Tostado de granos</i>	3
<i>Figura I.4: Mezcla de granos tostados y condimentos</i>	4
<i>Figura I.5: Molido de mezcla de granos y condimentos</i>	4
<i>Figura I.6: Empaque de la harina de Uchu Jacu</i>	5
<i>Figura II.1: Dosificador de tornillo (Perry, 1994)</i>	11
<i>Figura II.2: Dosificador volumétrico por vasos rotativos (Perry, 1994)</i>	12
<i>Figura II.3: Dosificadores por pérdida de peso (Coperion K-Tron, 2014)</i>	13
<i>Figura IV.1: Dimensiones básicas de un cono truncado</i>	24
<i>Figura IV.2: Fuerzas Actuantes en la tolva</i>	27
<i>Figura IV.3: Tensión de von Mises en la Tolva</i>	28
<i>Figura IV.4: Factor de Seguridad de la Tolva</i>	28
<i>Figura IV.5: Diagrama cuerpo libre del eje</i>	37
<i>Figura IV.6: Cargas aplicadas al sistema dosificador</i>	39
<i>Figura IV.7: Tensión Von Mises del sistema dosificador</i>	40
<i>Figura IV.8: Factor de seguridad en el sistema dosificador</i>	41
<i>Figura IV.9: Tensión De Von Mises De La Estructura</i>	42
<i>Figura IV.10: Factor de Seguridad De La Estructura</i>	43
<i>Figura IV.11: Desplazamiento De La Estructura</i>	44
<i>Figura IV.12 Servo Motor SVL-207B (Automation Direct, 2013)</i>	45
<i>Figura IV.13: Moto Reductor BOX050 (Motive, 2014)</i>	46
<i>Figura V.1: Servo Drive SVA-2100 (Automation Direct,2013)</i>	48
<i>Figura V.2: Descripción del Servo Drive SVL-2100</i>	50
<i>Figura V.3: Descripción de las conexiones y protecciones de Servo Drive SVL-2100</i>	56
<i>Figura V.4: Disyuntor termo magnético NB1-63 H</i>	57
<i>Figura V.5: Contactor Chint NC1-12</i>	58
<i>Figura V.6: Descripción tarjeta ZIP link ZL RBT50</i>	59
<i>Figura V.7: Diagrama de bloque del sistema dosificador</i>	62
<i>Figura VI.1 Montaje de la tolva en la estructura</i>	72
<i>Figura VI.2 Montar el sistema motriz reductor-servo motor a la tapa de la tolva</i>	72
<i>Figura VI.3 Acople tornillo sin fin y mezclador</i>	73
<i>Figura VI.4 Pruebas de las conexiones eléctricas en cada elemento de la caja de control</i>	74
<i>Figura VI.5 Pruebas de compatibilidad del servo motor y servo drive mediante modo JOG</i>	75

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla II.1: Ventajas del acero Inoxidable.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla II.2: Principales elementos de aleación del acero inoxidable y su influencia.</i>	<i>17</i>
<i>Tabla IV.1: Características Servo Motor SVL-207B.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla IV.2: Características Moto Reductor BOX050</i>	<i>46</i>
<i>Tabla V.1: Combinación De Drive y Servo-motor</i>	<i>48</i>
<i>Tabla V.2: Características principales del Servo Drive SVA-2100.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla V.3: Descripción de señales del puerto CNI</i>	<i>51</i>
<i>Tabla V.4: Descripción de señales del puerto cn2.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla V.5: Descripción de señales del puerto CN3.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla VI.1: elementos para la construcción de la maquina dosificadora para harina de Uchu jacu</i>	<i>67</i>
<i>Tabla VI.2: Proceso de elaboración de los componentes de la máquina.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla VI.3 Componentes del sistema de posicionamiento vertical.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla VI.4: Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad N=1000 rpm</i>	<i>77</i>
<i>Tabla VI.5: Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad N=1000 rpm</i>	<i>78</i>
<i>Tabla VI.6 Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad N=800 rpm</i>	<i>79</i>
<i>Tabla VI.7 Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad N=800 rpm en el rango de 200 y 270 revoluciones.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla VI.8 Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad N=800 rpm en el rango de 2500 y 260 revoluciones.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla VI.9 Mediciones de dosificación para velocidad constante de 800 rpm y 250 revoluciones ...</i>	<i>81</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación IV.1: Densidad de la harina</i>	23
<i>Ecuación IV.2: Volumen geométrico de un cono truncado</i>	24
<i>Ecuación IV.3: Esfuerzos en un bóveda cónica larga, presión interior uniforme (PISARENKO, YAKOVLEV, & MATVIEEV, 1979)</i>	25
<i>Ecuación IV.4: Teoría de esfuerzo cortante máximo (Nisbett, 2008)</i>	26
<i>Ecuación IV.5: Volumen de llenado de un plano helicoidal</i>	30

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO I: PLANOS</i>	93
<i>ANEXO II: PLANO ELÉCTRICO Y DE CONTROL</i>	95
<i>ANEXO III: DIAGRAMA DE CONEXIONES SERVO DRIVE SVL-2100</i>	97
<i>ANEXO IV: INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN DEL MÓDULO DE ENTADAS ANALÓGICAS ZL-RBT50</i>	98
<i>ANEXO V: TABLA DE FÉRRULAS CLAMP GRADO ALIMENTICIO FARMACÉUTICO</i>	99
<i>ANEXO VI: TABLA DE ABRAZADERAS TIPO CLAMP PARA FÉRRULAS</i>	100
<i>ANEXO VII: DIÁMETROS PARA ROSCAS ACME</i>	101
<i>ANEXO VIII: TABLAS SELECCIÓN TUBO ESTRUCTURAL PARA CADENA TRANSPORTADORA</i>	102

RESUMEN

Con la finalidad de mejorar las condiciones en las que se elaboran los productos alimenticios, respetando las normas de asepsia requeridas en el mercado actual, la organización UNOPAC considera la necesidad de adquirir nuevo equipamiento.

En el presente trabajo se presenta el diseño y construcción de una máquina dosificadora por tornillo sin fin para harina de Uchu Jacu. El proyecto está financiado por organización UNOPAC, cuya sede y ámbito de acción es la parroquia de Ayora del cantón Cayambe.

Se detalla la investigación de línea base, resaltando las necesidades para cumplir con el ciclo de producción de la harina de Uchu Jacu, resaltando la necesidad urgente de implementar un dosificador; y se complementa con el descubrimiento de la bibliografía vinculada a dosificadores existentes en el mercado, con el fin de adaptar tecnología para el proceso.

El diseño de la máquina se lo realizó de forma analítica y exponiendo cada uno de los parámetros más críticos. Los datos obtenidos analíticamente fueron comparados y verificados con la ayuda de Solid Works ®, software que proporciona un enfoque geométrico de la máquina.

Los datos obtenidos en la fase de diseño sirvieron para la concepción geométrica y la construcción de cada uno de los componentes de la máquina, obteniendo un ensamble correcto y de acuerdo a lo requerido, tanto en la parte mecánica como de control.

Finalmente se ingresaron los parámetros necesarios en el controlador según los requerimientos de dosificación y se procedió a realizar la calibración de todos los componentes hasta llegar a cumplir con la dosificación requerida.

ABSTRACT

In order to improve the conditions in which the food products are manufactured in both: production efficiency and hygiene standards required in the market, the UNOPAC Organization has gotten some new machines to fulfill with the requirements.

So, in this Project I present the design and construction of a dosing screw machine without end_to Uchu jacu flour in The UNOPAC Organization in Cayambe canton, Ayora parish, which funds this project.

At the beginning there are all previous knowledge about the designing of the machine to the process and analysis for Uchu jacu flour production, also you can find all literature about dispensers on the market that can be attached to the requirements for our machine.

After I have had, reviewed and acquired the necessary knowledge, I proceeded to design each component to the machine in Solid Works; I obtained a geometrical approach of the machine, in addition to get data about design and performance of the parts, when I applied external loads, validating and the designed to compare the data obtained both in simulation and calculations.

The next step was the construction of each component in order to assemble them according to the design in both the mechanical components and control our machine.

Finally it was very necessary to enter the parameters in the controller according to the dosage's requirements and I proceeded to do the calibration of all components to get the required dosage.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe a la organización UNOPAC, se efectúa una breve descripción del proceso de elaboración del Uchu Jacu así como sus ingredientes y características. Adicionalmente se presenta la situación problemática y se finaliza mostrando el alcance de la investigación y su justificación.

1.2 PROBLEMA

Uchu Jacu (“harina picante” en lenguaje Quechua) es un polvo de seis granos tradicionales de los pueblos indígenas del Cantón Cayambe, al norte de la Provincia de Pichincha. Después de que la receta fue olvidada por años, nuevamente hoy día la harina es producida en los molinos de la organización UNOPAC (entidad no gubernamental de organismos populares en el cantón Cayambe), producto que no es muy conocido en el país, pero muy popular entre los miembros de las comunidades del sector.

Principalmente el consumo de este producto se realiza en ocasiones especiales y de acuerdo a la tradición, el Uchu Jacu solamente es usado para hacer una sopa muy nutritiva. La receta tradicional sugiere adicionar: papas, cebolla, mote, huevos, queso fresco y cuy, pero puede ser variada al gusto.

La elaboración del Uchu Jacu es un proceso minucioso, se debe conocer y cumplir con varios procedimientos desde el acopio de materia prima hasta el despacho del producto final con el fin de satisfacer todos los requerimientos de calidad que el mercado actual demanda para un producto alimenticio. En el proceso de la elaboración de la harina de Uchu Jacu intervienen varios subprocesos mostrados, en la figura I.1.

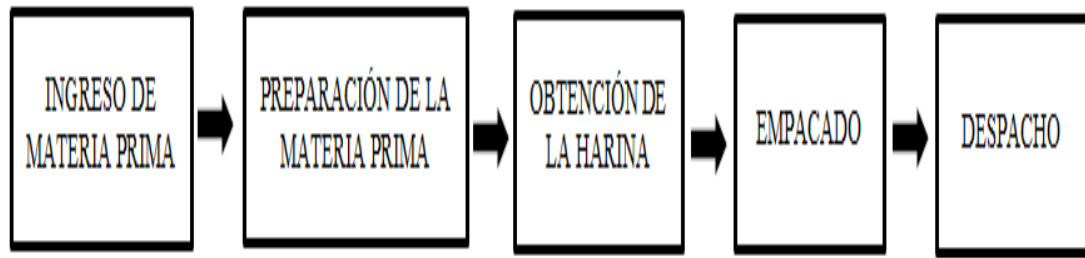


Figura I.1: Proceso de producción del Uchu Jacu

1.2.1 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se realiza el acopio y selección de los granos como cebada, trigo, maíz, arveja, lenteja, haba y la preparación de los condimentos necesarios para la elaboración del producto, esto según la demanda estimada del producto en el mercado.

1.2.1.1 Selección de los granos

Después del acopio de cada uno de los granos necesarios para la elaboración de la harina se procede a retirar impurezas como piedras, granos de otros cereales, desperdicios y el grano no apto; esto se realiza manualmente y por tipo de grano, para obtener granos en condiciones óptimas, ver figura I.2.



Figura I.2: Selección y retiro manual de granos e impurezas

1.2.1.2 Tostado de granos

Ya obtenido solo granos en buenas condiciones y por cada tipo de grano se procede a tostarlos en un horno, el cual cuenta con un mecanismo que permite el movimiento de una banda transportadora, lo cual ayuda a obtener un tostado uniforme.

Los granos tostados son depositados en una tolva, para proceder a retirar nuevamente impurezas y grano no apto (véase figura I.3).

a) Horno para el tostado de granos

b) Depósito de granos

c) Obtención de granos



Figura I.3: Tostado de granos

1.2.2 MEZCLA DE LA MATERIA PRIMA

En una tolva se colocan los granos tostados en proporciones establecidas para cada grano; se procede a mezclarlos manualmente ayudados por una pala, proceso en el cual se adicionan los condimentos en proporciones establecidas, hasta obtener una mezcla uniforme, ver figura I.4.



Figura I.4: Mezcla de granos tostados y condimentos

1.2.3 OBTENCIÓN DE LA HARINA

La mezcla de los granos tostados y los condimentos se vierte en molinos mostrados en la figura I.5, que cuentan con motores eléctricos obteniendo en primera instancia una harina gruesa, la cual se vierte nuevamente en el molino para así obtener una harina más fina.

Obtenida la harina se debe cernir para así retirar impurezas, lo cual se realiza mediante un tamizador artesanal y mediante movimientos manuales se va tamizando la harina hacia una tolva de madera para luego proceder al empacado.



Figura I.5: Molido de mezcla de granos y condimentos

1.2.4 EMPACADO

Ya obtenido el Uchu Jacu se empaca en una presentación de fundas de 450 gramos. Previo al sellado se pesa el producto mediante una balanza mecánica y ayudada con una pequeña pala se dosifica hasta alcanzar el peso requerido para cada funda como muestra la figura I.6.



Figura I.6: Empaque de la harina de Uchu Jacu.

En la actualidad, la empresa UNOPAC desea incrementar la producción así como mejorar la calidad del producto basado en las normas BPM (Buenas Prácticas de Manufactura). Por tal motivo uno de los problemas que se requieren resolver es la de automatizar el proceso de empacado, garantizando un peso constante y manteniendo la asepsia en el proceso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Construir una máquina semiautomática para la dosificación mediante tornillo sin fin de Uchu Jacu en la organización UNOPAC de la parroquia Ayora que permita la disminución en la carga de trabajo de la persona encargada de la elaboración de la harina, reduciendo el tiempo de empaque y mejorando la producción.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de dosificado adecuados para la harina de Uchu Jacu y así desarrollar el diseño del sistema.
- Optimizar el dosificado de la harina de Uchu Jacu buscando un peso estandarizado para toda la producción.
- Comprobar el correcto funcionamiento de todo el sistema de dosificado para que cumpla con los parámetros establecidos en el diseño.
- Realizar el manual de usuario y el manual de mantenimiento de la máquina.

1.3 ALCANCE

Para el dimensionamiento de los componentes de la máquina se tendrá en cuenta el requerimiento diario y la cantidad de dosificación por unidad, la dosificación y pesaje del producto de forma manual actualmente se realiza en un tiempo estimado de dos minutos por unidad, mediante la implementación de la dosificadora se espera una reducción de tiempo del 50% y un margen de error de 1% al 2% en el peso requerido por unidad.

El dosificador contará con una tolva receptora de una capacidad de 45 kg la cual tendrá un eje de agitación homogenizada el cual evitará grumos y permitirá una circulación adecuada para la dosificación mediante un tornillo sin fin.

Se utilizará un servomotor el cual mediante su servo drive controlará la rotación de un tornillo sin fin que forzará al producto bajar hasta el fondo para realizar la dosificación requerida.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la organización UNOPAC se ha retomado la producción de harina de Uchu Jacu la cual se realiza de forma artesanal y en la que se encuentra involucrada una sola persona en todo el proceso de elaboración del producto.

Uno de los pasos en el proceso de elaboración de harina de Uchu Jacu es el enfundado, el cual se realiza actualmente de forma manual y en el que se toma como inconvenientes tiempo, carga de trabajo y principalmente un considerable margen de error en el peso de las fundas hacia al peso nominal.

Actualmente se comercializa dosificadoras para polvos las cuales tienen una alta capacidad y velocidad de dosificación, sin embargo la inversión en una de estas máquinas en la pequeña industria no se justificaría por costo y requerimiento a un corto plazo; por lo que la implementación de una máquina dosificadora semiautomática será justificable en la organización UNOPAC pues esta se acogerá al requerimiento de los pedidos y tendrá un diseño versátil hacia el operario.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe la fundamentación teórica de los diferentes conceptos relacionados con el diseño de la maquina dosificadora, enfocado sobre todo en los distintos mecanismos y sistemas que se utilizan en la dosificación de harinas y polvos, con el fin de analizarlos y evaluarlos para así escoger el sistema óptimo y que se apegue a los requerimientos del presente proyecto.

2.2 DOSIFICADORES

Los dosificadores tienen como función primordial dentro de un proceso el proveer de producto en una cantidad determinada, en función de la unidad de tiempo, de tal manera que no arroje ni desperdicie material ya que esto incurre en aumento del coste en el producto final.

En general los dosificadores se encuentran constituidos por tres partes:

- Tolva de almacenamiento
- Sistema dosificador
- Boquilla o tubo de descarga

Estas partes pueden variar en su diseño, ya sea por las características del producto a dosificar (sólidos secos y en polvo, líquidos y gas), como también en la forma que se determina la cantidad de descarga, es así que para su clasificación se analizará dosificadores para productos sólidos secos y en polvo los cuales pueden ser adaptados a los requerimientos de despacho del producto. (PINTO, 2006)

2.2.1 DOSIFICADORES DE SÓLIDOS SECOS Y SÓLIDOS EN POLVO

Los materiales sólidos son aquellos que a temperatura ambiente tienen sus moléculas o átomos altamente agregados, presentando una unión de fuerza alta y una energía cinética baja.

Los dosificadores existentes y que pueden servir para dosificar sólidos son de dos tipos:

- Dosificadores Volumétricos.
- Dosificadores Gravimétricos.

2.2.1.1 Dosificadores Volumétricos.

En este tipo de dosificadores se determina la dosis, midiendo el volumen del material que libera una superficie que se desplaza a velocidad constante.

Son utilizados principalmente para dosificar productos homogéneos en sus características físicas, forma, tamaño y peso, como son algunos cereales o granos, polvos y líquidos viscosos; y se caracterizan por tener tolvas equipadas con agitadores los cuales aseguran una alimentación uniforme e impiden que el producto se aglomere y se formen cúmulos y vacíos.

Los dosificadores volumétricos son dispositivos de ciclo abierto, ellos no pueden ajustar o detectar variaciones en la densidad del material. (Acrison, 2013)

En este tipo de dosificación los mecanismos más conocidos y utilizados son:

- Dosificador de tornillo sin fin.
- Dosificador volumétrico por vasos rotativos.

2.2.1.2 Dosificador de tornillo.

Los dosificadores por tornillo sin fin están compuestos de una tolva superior con un removedor de producto, de marcha continua o bien intermitente, según el producto a dosificar, para evitar el apelmazamiento.

El peso a obtener es controlado por un dispositivo generador de impulsos electrónico-digital, que controla los giros del tornillo sin fin a voluntad, desde la parte superior de la máquina.

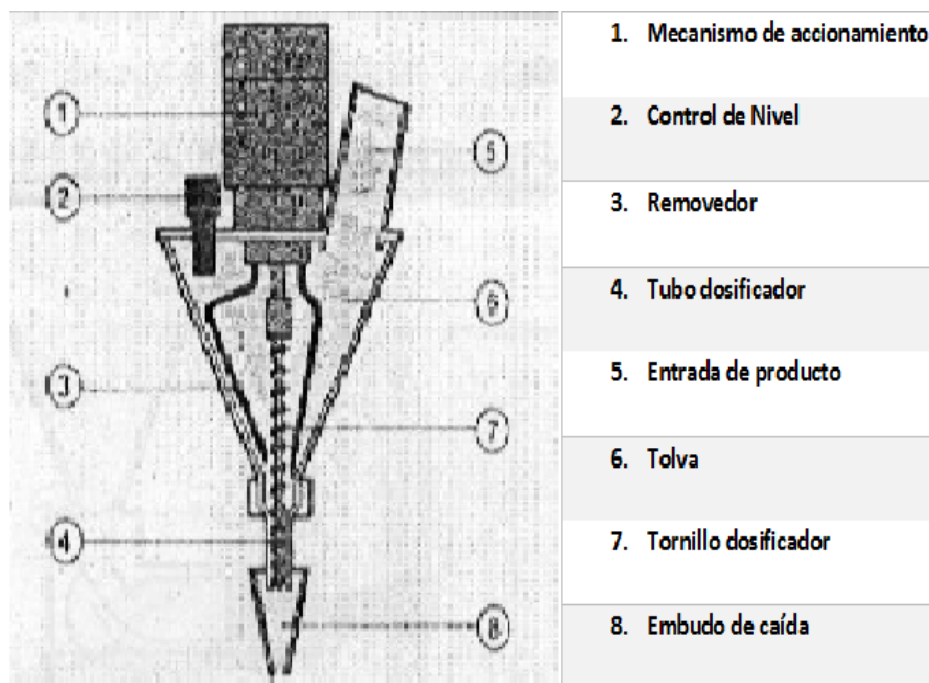


Figura II.1: Dosificador de tornillo (Perry, 1994)

2.2.1.3 Dosificadores volumétricos por vasos rotativos.

Estos dispositivos están provistos de vasos telescópicos que permiten ajustar un peso de un determinado producto según su volumen. El dosificador adquiere el producto a través de una tolva de alimentación que se encuentra instalada encima de los vasos telescópicos, mediante el movimiento rotativo de los vasos, el producto cae en su interior y posteriormente es dispensado mediante la abertura de una tapa, al correspondiente dispositivo de envasado.

Está provisto de un sistema motoriza que permite el desplazamiento de los vasos telescópicos con gran precisión. En este dosificador es preciso recalcar que la tolva de alimentación siempre debe estar llena.

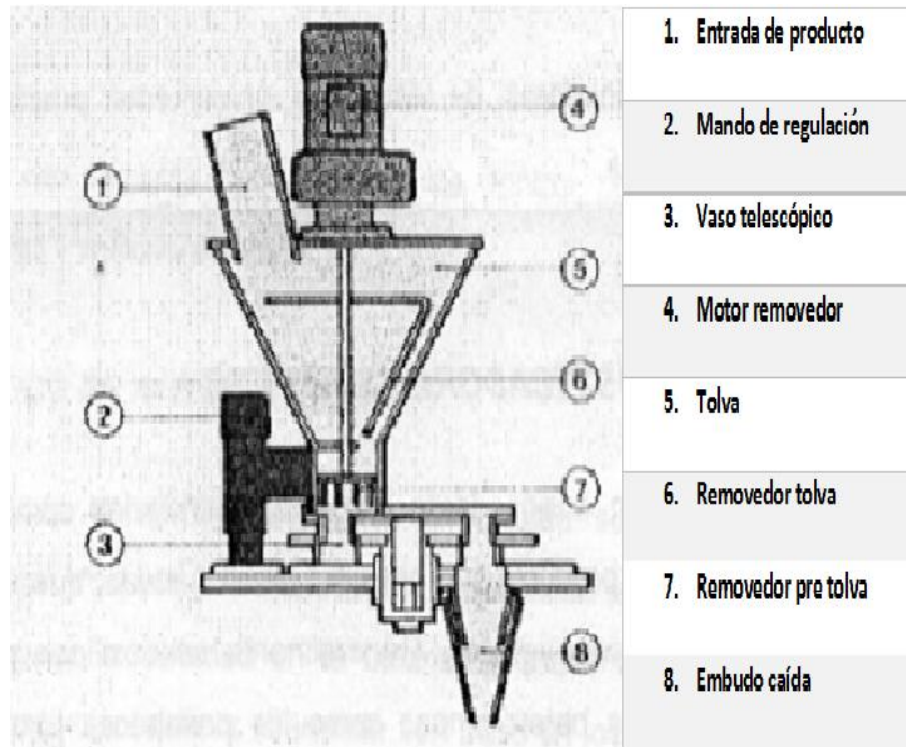


Figura II.2: Dosificador volumétrico por vasos rotativos (Perry, 1994)

2.2.1.4 Dosificador Gravimétrico.

Estos sistemas de dosificadores gravimétricos son más precisos que los volumétricos puesto que la variación de masa volumétrica aparentemente no influye en la dosis de despacho y se los utiliza cuando las características físicas y de forma del producto son bastante heterogéneas, que no permitan dosificados en cantidades iguales; los más utilizados son: (Acrison, 2013)

- **Dosificadores de banda.**

En estos dispositivos dosificadores el producto depositado en la tolva cae en una banda transportadora que se desplaza en una plataforma de una balanza, que mediante un controlador regula la velocidad de la banda o la posición de la compuerta de salida para así obtener el peso correspondiente a la dosis deseada.

- **Dosificadores por pérdida de peso.**

Un dosificador por pérdida de peso, consiste en una tolva y en un dosificador que se encuentra aislado en el proceso, para que el sistema entero pueda ser pesado en forma continua. A medida que el dosificador descarga material, el sistema de pesaje decae.

El controlador del dosificador por pérdida de peso ajusta la velocidad del dosificador, para brindar una proporción de pérdida de peso, igual a la proporción deseada en el Set-point.



Figura II.3: Dosificadores por pérdida de peso (Coperion K-Tron, 2014)

2.3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA LA MÁQUINA DOSIFICADORA

Después de revisar los diferentes tipos de dosificadores que se pueden adaptar a nuestro proyecto seleccionaremos el más adecuado tomando en consideración los

siguientes parámetros ligados a nuestras limitaciones y requerimientos que debe tener nuestra máquina:

- Naturaleza y manejo de la sustancia a dosificar.
- Precisión deseada.
- Costo.
- Construcción.

2.3.1 MANEJO DE LA SUSTANCIA A DOSIFICAR.

Es el más importante de los parámetros, puesto a que se refiere a la adaptabilidad de los diferentes dosificadores hacia las características que tiene nuestro producto a dosificar.

Es así que debemos descartar los dosificadores gravimétricos debido a que como ya lo citamos anteriormente pese hacer más precisos que los volumétricos en teoría, estos presentan dificultades al tratar con productos homogéneos en sus características físicas, forma, tamaño y peso como es el caso de nuestra harina de Uchu Jacu.

Por lo cual en adelante nos concentrarnos en el grupo de dosificadores volumétricos.

2.3.2 PRECISIÓN DESEADA.

Debido a que se dosificara un producto alimenticio para la venta al público requeriremos que la dosis sea muy precisa.

Tanto el sistema de dosificación por tornillo sin fin como el volumétrico por vasos rotativos nos pueden brindar la precisión requerida al momento de dosificar nuestro producto debido a que los dos determinan la dosis, midiendo el volumen del material.

2.3.3 FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Este factor se refiere a que el diseño de nuestra maquina no contenga elementos complicados y que requieran métodos de construcción muy complejos, además de que debe ser compacta, esto debido a que en la organización donde implementaremos nuestro proyecto cuenta con un espacio reducido para su operación.

El dosificador volumétrico por vasos rotativos contará con un plato giratorio con vasos telescópicos de un volumen que deberá ser controlado con precisión para la dosificación del producto, además deberá contar con un sistema de transporte de producto hacia la tolva para así cumplir con el requerimiento de que esta debe estar siempre llena. Esto hace que su construcción sea bastante complicada y que ocupe un espacio considerable al momento de su montaje.

El dosificador por tornillo sin fin como su nombre lo indica contará con un tornillo dosificador el cual girará el producto hacia la descarga. Al no tener muchos componentes este podrá ser compacto.

2.3.4 COSTO

En todo proyecto es primordial que la alternativa que se escoja nos brinde el mayor beneficio al menor costo.

Como ya lo dijimos el sistema por vasos rotativos necesita de un sistema de transporte del producto hacia la tolva esto incurre en una mayor inversión al momento de construcción de nuestra máquina.

2.4 SELECCIÓN DE MATERIALES

“Aunque el esfuerzo y la deflexión son importantes en el diseño de partes mecánicas, la selección de un material no siempre se basa en estos factores. Muchas partes no soportan carga alguna en ningún momento. Las partes pueden diseñarse solo para llenar espacios o por cuestiones estéticas. Con frecuencia, los elementos deben diseñarse también para resistir la corrosión. Algunas veces, los efectos de la temperatura son más importantes en el diseño que el esfuerzo y la deformación. Existen muchos factores además del esfuerzo y la deformación que pueden condicionar el diseño de las partes, por lo que el diseñador debe tener la versatilidad que se adquiere solo con una amplia experiencia en materiales y procesos.” (Nisbett, 2008)

La selección del material para la construcción de cada elemento de nuestra máquina será de primordial importancia, debido a que debemos tomar en cuenta que

el producto a dosificar será un producto alimenticio, el cual debe estar sometido a normas de asepsia.

Es así que el material utilizado para la construcción de los elementos de nuestra maquina debe tener características de resistencia a la corrosión y propiedades higiénicas; además el material que usemos debe brindar facilidad de construcción a cada uno de los componentes sin comprometer el diseño de los mismos. Por lo cual se considera al acero inoxidable como la opción óptima para la construcción de los elementos de la máquina, debido a que sus características cumplen con los requerimientos antes expuestos.

2.4.1 ACERO INOXIDABLE

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10,5% de cromo.

Su principal característica es su alta resistencia a la corrosión. Esta resistencia es debido a la formación espontánea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero. Aunque es extremadamente fina, esta película invisible está firmemente adherida al metal y es extremadamente protectora en una amplia gama de medios corrosivos. Dicha película es rápidamente restaurada en presencia del oxígeno, y así daños por abrasión, corte o mecanizados son reparados rápidamente.

Para aumentar la resistencia a la corrosión el cromo puede aumentarse y pueden añadirse otros elementos tales como níquel o molibdeno. El grado de impenetrabilidad de la capa de óxido en ciertos ambientes depende no sólo de la composición de la aleación, sino también en el medio específico, de la temperatura de éste, y de la concentración del agente corrosivo. (IBARRA , NÚÑEZ, & HUERTA, 2010)

Tabla II.1: Ventajas del acero Inoxidable.

VENTAJAS	EXPLICACIÓN DETALLADA
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	Los aceros de baja aleación, resisten a la corrosión en condiciones atmosféricas; los aceros inoxidables altamente aleados pueden resistir a la corrosión en la

	mayoría de los medios ácidos, incluso elevadas temperaturas.
RESISTENCIA A LA ALTA Y BAJA TEMPERATURA	Algunos aceros resisten grandes variaciones térmicas y mantendrán alta resistencia a temperaturas muy altas, otros demuestran dureza excepcional a temperaturas criogénicas.
FACILIDAD PARA LA FABRICACIÓN	La mayoría pueden ser cortados, soldados, forjados y mecanizados con resultados satisfactorios.
RESISTENCIA MECÁNICA	La característica por endurecimiento por trabajo en frío de algunos aceros inoxidables se usa en el diseño para reducir espesores y así, los costos. Otros pueden ser tratados térmicamente para hacer componentes de alta resistencia.
ESTÉTICA	Está disponible en muchas terminaciones superficiales. Se mantiene fácilmente dando por resultado una alta calidad.
PROPIEDADES HIGIÉNICAS	El material asegura calidad en la asepsia permitiendo total higiene, requisito indispensable en determinadas aplicaciones como en hospitales, cocinas, e instalaciones alimenticias y farmacéuticas
CICLO DE TRABAJO	Es durable, y es la opción más barata considerado el ciclo vital.

Fuente:

http://www.indura.cl/file/file_1774_manualdeacerosinoxidables%20indura.pdf

2.4.1.1 Principales elementos de aleación y su influencia

Tabla II.2: Principales elementos de aleación del acero inoxidable y su influencia.



CROMO	NÍQUEL	MOLIBDENO
Formador de Ferrita y Carburo	Formador de Austenita	Formador de Ferrita y Carburo
Principal responsable de la resistencia a la corrosión y de la formación de la película de óxido.	Mejora la resistencia general a la corrosión en líquidos no oxidantes. Mejora tenacidad y la ductilidad.	Mejora la resistencia a temperaturas elevadas y al arrastre
No presenta aporte significativo en la resistencia a altas temperaturas.	Se le añade a los grados con cromo para mejorar las propiedades mecánicas. Aumenta la resistencia eléctrica, la fatiga y aumenta la capacidad de ser soldado Reduce la conductividad del calor.	Mejora la resistencia a la corrosión en medios no oxidantes, y la resistencia a la corrosión por picadura en todos los medios.

Fuente:

http://www.indura.cl/file/file_1774_manualdeacerosinoxidables%20indura.pdf

Otra característica importante del acero inoxidable es su resistencia al desgaste que para este caso particular el AISI 304 tiene una composición que por su alto contenido de carbono en su estructura se forman carburos de Cr y Ni brindando mayor dureza y resistencia al desgaste, garantizando que su conjunto de propiedades cumpla con los requerimientos técnicos para el proyecto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación, una descripción de la metodología desarrollada. En primera instancia se describe el tipo de investigación y posteriormente se habla del diseño de la investigación.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se presenta una investigación exploratoria por ser un primer acercamiento científico al problema de la elaboración de la harina, ya que éste aún no ha sido abordado. Investigación histórica ya que se recopiló información sobre procesos de dosificación, además de recoger experiencias, datos y conclusiones de investigaciones que se relacionan con el diseño, construcción y montaje de la máquina y experimental porque se han aplicado experimentos tales como la determinación de las propiedades físicas de la harina, el comportamiento de la misma en el proceso de dosificación mediante observación y recolección de datos en el proceso de pruebas utilizando herramientas como balanzas, tabulando datos y obteniendo tanto propiedades intrínsecas como extrínsecas del producto.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el proyecto en desarrollo, en primer lugar se realizó una inspección general de toda la planta donde se procesa el producto en el cual se recopiló información del proceso de elaboración del Uchu Jacu mediante observación y recolección de experiencias y anécdotas de la persona encargada del proceso pudiendo así obtener las problemáticas y posibles soluciones a las mismas.

Planteado el problema el siguiente paso fue recopilar toda la información bibliográfica necesaria para el diseño y construcción de la máquina, así como buscar asesoramiento del tema a personas que han realizado proyectos similares como ingenieros mecánicos, electrónicos y personas que trabajan en talleres mecánicos, de los cuales se obtuvo experiencias que brindaron un panorama favorable para la realización del trabajo de grado.

Antes de la etapa de diseño es necesario conocer las características del producto, por la cual mediante experimentación empleando una balanza se obtuvo la densidad de la misma, dato importante para el diseño y dimensionamiento de las partes del sistema, además mediante observación y experiencias de personas se pudo conocer de otras propiedades intrínsecas del producto como sabor, olor y características nutricionales.

Después de revisar toda la bibliografía y recopilación de datos necesarios se entró a la etapa diseño, en la cual se realizaron todos los cálculos que permiten validar el diseño de la máquina, además se utilizó la herramienta de diseño en computadora Solid Works® el cual brinda una visión descriptiva del diseño de los componentes.

Concluida la fase del diseño y obtenidos todos los planos correspondientes a las partes de las cuales estará constituida la máquina, a continuación se procedió a la construcción de los componentes, asesorados por personas que trabajan en el ámbito de construcción de maquinaria de acero inoxidable, utilizándose todas la herramientas y normativas necesarias para la construcción de maquinaria orientada a la industria de alimentos.

La última etapa fue la de montaje y pruebas de la maquinaria, en la que siguió un flujo-grama para el montaje de la maquinaria para después realizar las calibraciones de todos los elementos mecánicos mediante instrumentos de medida como calibrador y nivel, y de la etapa de potencia y control mediante pinza amperimétrica y multímetro. A continuación se debió probar el funcionamiento del servo drive y servo motor acoplado a los demás elementos; con base en el manual de estos elementos se configuraron los parámetros necesarios para la puesta en marcha de la dosificadora, realizándose mediciones del peso dosificado por funda, calibrando todos los parámetros hasta obtener la dosificación propuesta en el trabajo de grado.

Ya obtenidos todos los datos de pruebas y calibración se realizaron las conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los fundamentos obtenidos durante todas la etapas de la investigación.

CAPÍTULO IV

CRITERIOS DE SELECCIÓN Y CÁLCULOS DEL ASPECTO MECÁNICO

4.1 INTRODUCCIÓN

Después de revisar y estudiar los conceptos necesarios para el desarrollo del proyecto, se ha elegido el método de dosificación más adecuado, tomando en cuenta factores de implementación, funcionamiento, mantenimiento, costo y las características que presenta el producto a dosificar.

Es así que en este capítulo se desarrollan los diseños de cada uno de los elementos de un dosificador por tornillo sin fin, elaborando los modelos necesarios que permitan confirmar el funcionamiento y viabilidad de la máquina.

4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN

Los diferentes tipos de dosificadores deben contar con un sistema de almacenamiento, el cual recibe el producto de la línea de producción ya sea por una banda transportadora, por un tornillo transportador o de forma manual, con el fin de mantener el producto en su interior hasta su dosificación.

Debido a que el dosificador que se implementará en el presente proyecto manipulará un producto alimenticio (harina de Uchu Jacu) el sistema de almacenamiento deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Almacenar 45 kg del producto, estimados para cumplir los requerimientos de dosificación de la organización.
- Soportar el peso total del producto sin deformarse.
- Permitir un flujo constante del producto para una fácil evacuación evitando estancamientos.
- Desmontable para su limpieza y mantenimiento.
- Debe estar constituido por un material el cual no reaccione químicamente.

4.2.1 DISEÑO DE LA TOLVA

Para el cálculo de la densidad (Ecuación IV.1) de la harina de Uchu Jacu se realizaron varias mediciones del peso del producto contenido en un volumen fijo de un recipiente cilíndrico cuyas medidas son:

Altura 8,5 cm y diámetro 5 cm

Dando un volumen de 166,9 cm³ y peso de 18g.

Tabla IV.1 Mediciones del peso de la harina de Uchu Jacu.

MEDICIONES DEL PESO DE LA HARINA DE UCHU JACU		
Mediciones	Masa con recipiente (g)	Masa sin recipiente (g)
1	108	90
2	108	90
3	109	91
4	109	91
5	110	92
6	107	89
7	107	89
8	110	92
SUMA TOTAL	869	724
MEDIA	108,5	90,5

Donde:

$m = 90,5 \text{ g}$ (media de las mediciones sin el recipiente).

Ecuación IV.1: Densidad de la harina

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\frac{90,5 \text{ g}}{166,9 \text{ cm}^3} = 0,54 \text{ g/cm}^3$$

Donde:

ρ : Densidad del producto $\left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right]$

m : Promedio de masas calculadas $[\text{g}]$

V : Volumen del recipiente contenedor $[\text{cm}^3]$

Ya obtenida la densidad del producto se puede calcular el volumen ocupado por los 45 kg de producto que se requieren dosificar por parada.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{45 \text{ kg}}{0,00054 \text{ kg/cm}^3} = 83333,33 \text{ cm}^3$$

Para el sistema de almacenamiento se escogió una tolva de cono truncado con una inclinación $\alpha=30^\circ$, debido a que se recomienda las tolvas con sección circular puesto que ejercen una compresión gradual sobre el material mientras que las de sección cuadrada ejercen una compresión poco uniforme.

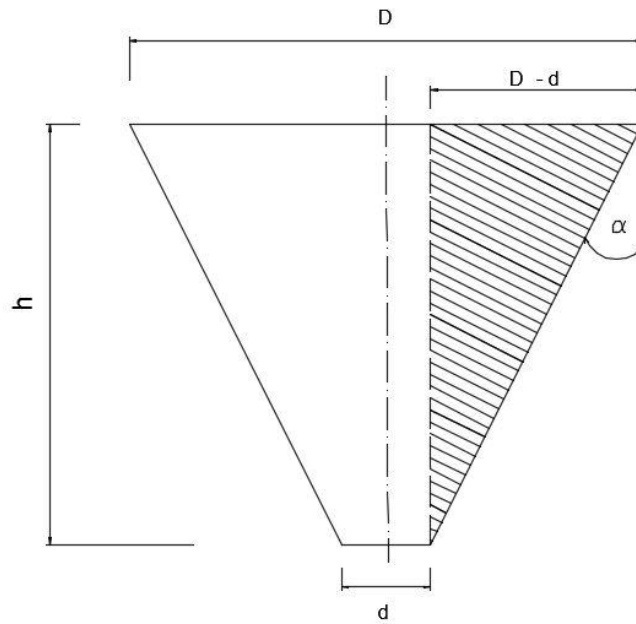


Figura IV.1: Dimensiones básicas de un cono truncado.

El volumen geométrico de la tolva viene dado por la ecuación IV.2.

Ecuación IV.2: Volumen geométrico de un cono truncado

$$V = \frac{\pi}{12} h(D^2 + dD + d^2)$$

Dónde:

V : Volumen total de la tolva, 83.333,33 cm³

D : Diámetro mayor de la tolva [cm]

d : Diámetro menor de la tolva, 4,4 cm.

h : Altura de la tolva [cm]

Relacionando geoméricamente la tolva con un ángulo de inclinación $\alpha=30^\circ$ obtenemos:

$$\tan \alpha = \frac{D - d}{2h}$$

Despejando la altura h se obtiene la ecuación:

$$h = \frac{D - d}{2 \tan \alpha}$$

Resolviendo las ecuaciones simultáneamente se obtendrán los siguientes resultados:

$$D = 71,64 \text{ cm}$$

$$h = 58,23 \text{ cm}$$

Con las dimensiones obtenidas se puede satisfacer los requerimientos de almacenamiento del dosificador, pero por conveniencia de construcción y seguridad se sobredimensiona los datos obtenidos por lo que para la tolva se toman las siguientes dimensiones.

$$D = 0,72 \text{ m}$$

$$d = 0,44 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

4.2.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA TOLVA

Como se dijo anteriormente, los esfuerzos a los que se encuentra sometida la tolva se asemejan a los de una bóveda cónica de paredes delgadas que se representan mediante la ecuación IV.4.

Ecuación IV.3: Esfuerzos en un bóveda cónica larga, presión interior uniforme (PISARENKO, YAKOVLEV, & MATVIEEV, 1979)

$$\sigma_m = \frac{p \cdot x \cdot \tan \alpha}{2t}, \sigma_t = \frac{p \cdot x \cdot \tan \alpha}{t}$$

Dónde:

σ_t : Esfuerzo tangencial [Pa]

σ_m : Esfuerzo normal meridional [Pa]

p : Presión interna, 3.054,65 Pa

t : Espesor de la placa [m]

α : ángulo de inclinación, 30°

x : Longitud de la sección media de la tolva, 0,445 m

Remplazando los valores en las ecuaciones se obtiene:

$$\sigma_t = \frac{784,27}{t} Pa$$

$$\sigma_m = \frac{392,14}{t} Pa$$

Para calcular el espesor se utilizará la teoría de esfuerzo cortante máximo representado en la ecuación IV.5.

Ecuación IV.4: Teoría de esfuerzo cortante máximo (Nisbett, 2008)

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y$$

Dónde:

σ_e : Esfuerzo equivalente [Pa]

σ_1, σ_2 : Esfuerzos principales [Pa]

S_y : Esfuerzo de fluencia del acero inoxidable, $276 \times 10^6 Pa$

$$\frac{784,27}{t} + \frac{392,14}{t} = 276 \times 10^6$$

$$t = 4,26 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$t = 0,00426 \text{ mm}$$

Al estar sometida la tolva a muy bajos esfuerzos, el espesor de la placa resultó prácticamente despreciable, sin embargo se debe considerar un espesor que no comprometa la construcción de la tolva, sobre todo en el proceso de soldadura y barolado, por lo cual se ha escogido para la construcción de la tolva una plancha con espesor de 1,5 mm el cual es de uso comercial.

4.2.3 SIMULACIÓN DE ESFUERZOS EN LA TOLVA

La figura IV.2 representa la superficie a la cual se la aplica la presión interna máxima que va a soportar la tolva por acción de la harina (cara interna de la tolva).

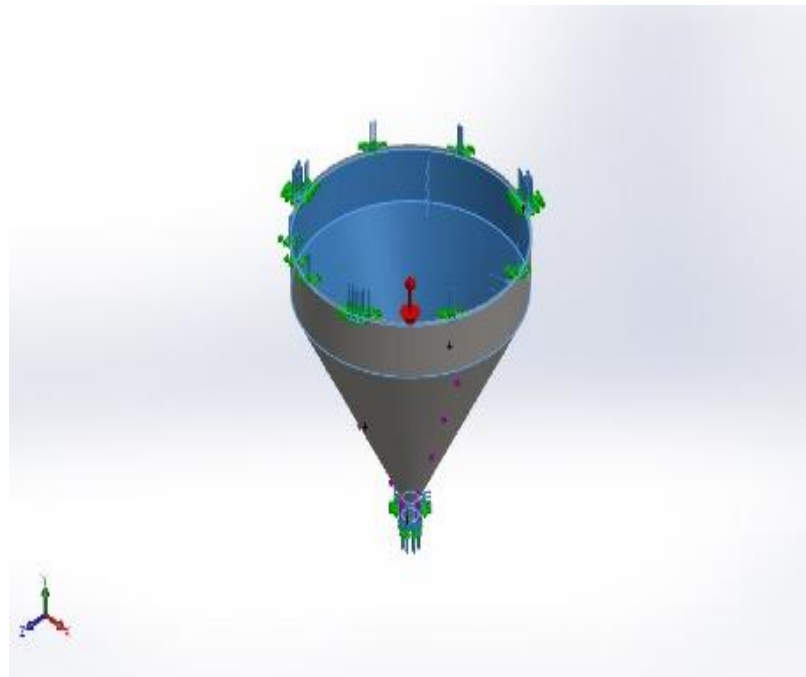


Figura IV.2: Fuerzas Actuantes en la tolva

En la figura IV.3 se muestra la simulación de los esfuerzos de la tolva del dosificador, donde se puede observar la zona donde se concentra el mayor esfuerzo el cual tiene un valor de $3,84 \times 10^6 Pa$ el cual es muy bajo respecto a la resistencia del material utilizado.

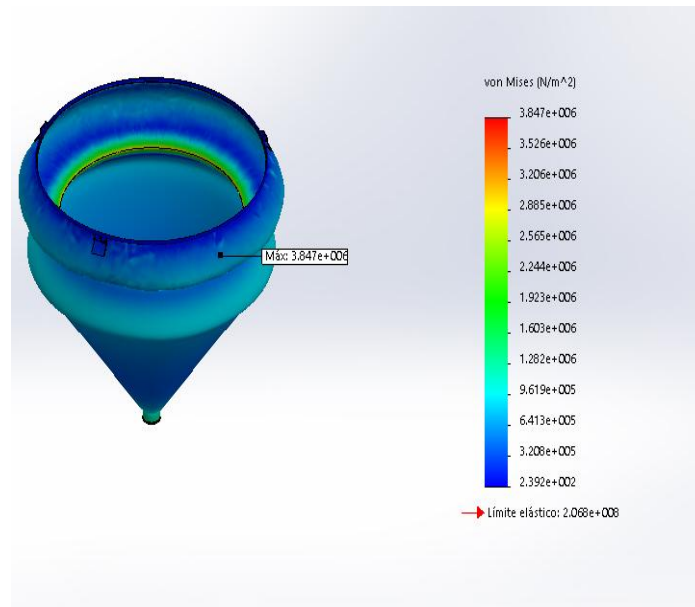


Figura IV.3: Tensión de von Mises en la Tolva

La figura IV.4 corrobora lo antes expuesto pues como se observa se tiene un factor de seguridad alto en toda la tolva, esto pues no se encuentra sometida a grandes esfuerzos y por lo tanto el diseño de la tolva es confiable.

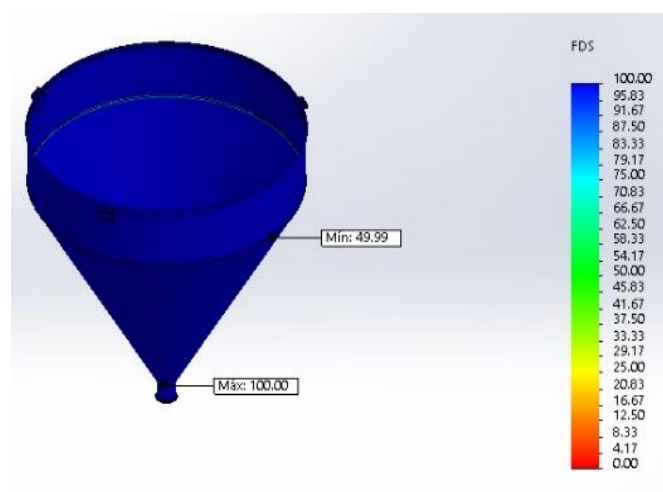


Figura IV.4: Factor de Seguridad de la Tolva

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DOSIFICADOR DE PRODUCTO

El sistema dosificador se encuentra constituido por un tornillo sin fin acoplado mediante un eje al sistema motor, el cuál hará girar dicho tornillo para que se produzca la dosificación en las cantidades ya predeterminadas.

Ya que se manipulará un producto alimenticio con la máquina dosificadora (harina de Uchu Jacu), el sistema dosificador debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El material de los componentes del sistema dosificador no deben reaccionar químicamente con el producto.
- El material de los componentes del sistema dosificador no deben impedir la proliferación de contaminantes biológicos.
- Los componentes del sistema dosificador deben ser desmontables para su limpieza y mantenimiento.
- Los componentes del sistema dosificador se deben fijar apropiadamente a los elementos de la máquina dosificadora, para garantizar un movimiento continuo en todo el sistema.

4.3.1 TORNILLO SIN FIN

Para aplicaciones de sistemas transportadores por tornillo sin fin existe las normas CEMA (Conveyor Equipment Manufacture Association) Asociación Americana de Constructores de Equipos para manejo de Materiales, las cuales rigen el diseño de los transportadores de tornillos sin fin a partir de un diámetro de 4 pulgadas.

Debido a que el dosificador es de baja capacidad, la solución al problema de diseño del tornillo sin fin fué la recopilación de información acerca de procesos industriales en los cuales intervengan aplicaciones de tornillo sin fin, es así que se encontró que en la industria láctea se los utiliza en el transporte y dosificación de leche en polvo.

Para el sistema dosificador se utilizará una sección de 0,35 cm de diámetro de un tornillo sin fin utilizado como transportador de leche en polvo cuyas dimensiones se ajustan a los requerimientos de dosificación del producto.

Los principales aspectos que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de los demás parámetros que intervienen en la dosificación son:

S: Paso del tornillo [cm]

D: Diámetro del tornillo [m]

En este caso el diámetro del tornillo es de 4,4 cm, el cual se acopla al diámetro inferior de la tolva. Para aplicaciones verticales de transportadores por tornillo sin fin y conducción de materiales fluidos se considera al paso como la mitad del diámetro.

$$S = \frac{D}{2} = 2,2 \text{ cm}$$

A partir de las dimensiones del tornillo sin fin en adelante se determinarán los demás factores que intervienen en el proceso.

El volumen de llenado de un plano helicoidal de un tornillo sin fin al dar una vuelta completa alrededor del eje viene definido por la ecuación IV.6.

Ecuación IV.5: Volumen de llenado de un plano helicoidal

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S$$

Donde:

V_h : Volumen del plano helicoidal. [cm^3]

D : Diámetro del tornillo dosificador [cm]

S : Paso del tornillo dosificador. [cm]

$$V_h = \frac{\pi}{4} (4,4)^2 (2,2) = 33,45 \text{ cm}^3$$

El volumen $V_h = 33,45 \text{ cm}^3$ es el volumen que el tornillo sin fin dosificará en una vuelta completa alrededor del eje y 833 cm^3 es el volumen que se debe dosificar por funda, necesarios para 450 g de producto. Lo que significa que el número de vueltas necesario para la dosificación es 25 vueltas aproximadamente.

Relacionando estos dos volúmenes y tomando como referencia un tiempo de dosificación por funda de $t = 5$ s se puede obtener la velocidad n [rpm] a la que deberá girar el tornillo sin fin para cumplir los requerimientos de dosificación planteados.

$$n = 300 \text{ rpm}$$

4.3.2 POTENCIA REQUERIDA

Antes de calcular la potencia requerida para el sistema dosificador se debe tomar en cuenta la velocidad y el rendimiento teórico volumétrico en una hora a partir de la densidad de nuestro producto, mostrada en la ecuación IV.7.

Ecuación IV.7: Rendimiento real del tornillo helicoidal

$$Q_m = 15\pi D^2 S w \rho$$

Donde:

Q_m : Rendimiento real del tornillo helicoidal $\left[\frac{kg}{h}\right]$

D: Diámetro del tornillo 0.044 m

S: Paso del tornillo 0.022 m

w: Velocidad del tornillo 300 rpm

ρ : Densidad del producto 540 $\frac{kg}{m^3}$

Remplazando Los valores en las ecuaciones obtenemos:

$$Q_m = 325,15 \frac{kg}{h}$$

La potencia requerida para accionar el tornillo sin fin, es la suma de 3 potencias parciales como muestra la ecuación IV.8.

Ecuación IV.8: Potencia necesaria para accionar el tornillo sin fin

$$P_t = P_H + P_N + P_{st}$$

P_H : Potencia necesaria para el desplazamiento del material.

P_N : Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío.

P_{st} : Potencia necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación.

A continuación se procede a describir cada una de estas potencias.

La potencia P_H , necesaria para vencer las resistencias principales al desplazamiento del material se expresa como:

$$P_H = C_o \frac{Q_m L g}{3600}$$

Donde:

Q_m : Rendimiento real del tornillo helicoidal $325.15 \frac{kg}{h}$

g : Gravedad $9.81 \frac{m}{s^2}$

C_o : Coeficiente de resistencia al material 1.2

L : Longitud del tornillo 0.35 m

La potencia P_N necesaria para vencer las resistencias en vacío depende en gran medida del diámetro y longitud del tornillo.

$$P_N = \frac{D \cdot L}{20}$$

La potencia P_{St} necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación, en este caso 90° , por lo cual la altura de elevación H va tener el mismo valor que L.

$$P_{St} = \frac{Q_m H g}{3600}$$

Remplazando cada una de las potencias parciales en la ecuación IV.8, se obtiene la potencia total requerida para accionar el tornillo dosificador.

$$P_{Tornillo} = \frac{Q_m g (C_o L + L)}{3600} + \frac{DL}{20}$$

Obteniendo:

$$P_{Tornillo} = 0,6830 W$$

El sistema va a requerir de dos potencias adicionales, la primera debido a que se deberá tomar en cuenta el peso total del sistema dosificador y la segunda será la fuerza de arrastre de la harina aglomerada debido a la implementación de un removedor, el cual contará con dos rascadores, en los cuales se va a ejercer una resistencia sobre la cara frontal.

Es así que la primera potencia adicional se calcula de forma ordinaria, tomando en cuenta tanto la masa de la harina como la masa total de los componentes del sistema dosificador.

$$F = M_{TOTAL} \cdot g$$

Donde:

F : Fuerza [N]

M_{TOTAL} : Masa total Kg

g : Gravedad $9,81 \frac{m}{s^2}$

$$M_{TOTAL} = M_{tolva} + M_{sistema}$$

$$M_{TOTAL} = 45 + 3$$

$$M_{TOTAL} = 48 \text{ kg}$$

$$F = 470,88 \text{ N}$$

$$T = F \cdot r$$

Donde:

T : Torque Nm

F : Fuerza N

r : Radio de eje $\left(\frac{0.019}{2}\right)m$

$$T = 4,47 \text{ Nm}$$

$$P = T \cdot w$$

Donde:

P : Potencia $[w]$

T : Torque $[Nm]$

w : Velocidad angular $\left[\frac{rad}{s}\right]$

$$w = \frac{300rev}{min} \cdot \frac{2\pi rad}{1rev} \cdot \frac{1 min}{60 s} = 31,42 \frac{rad}{s}$$

$$P = 140,45 \text{ W}$$

La segunda potencia adicional se calculará tomando en cuenta la presión que ejerce la harina sobre la superficie de los rascadores.

$$p = \rho \cdot g \cdot l$$

Donde

p : Presión ejercida por la harina [N/m²]

ρ : Densidad de la harina [kg/m³]

l : Longitud a ser empujado el material [m]

g : Gravedad [m/s²]

Tanto la densidad del material como la gravedad son conocidas, por lo que resta conocer el valor de longitud l que sera igual al mayor perimetro de la circunferencia que describen los rascadores, o sea 2,26 m.

Remplazando los valores en la ecuacion se obtendrá:

$$p = 11982,44 \text{ N/m}^2$$

El siguiente paso será calcular la fuerza que ejerce la presión sobre la cara de los rascadores.

$$F = p \cdot A$$

Donde:

F : Fuerza [N/m²]

p : Presion ejercida por la harina [N/m²]

A : Área de la cara de los rascadores, 0,002 m²

Con lo que se obtiene:

$$F = 23,96 \text{ N}$$

El torque se calculará multiplicando la fuerza anteriormente obtenida por un radio r que en este caso será el radio medio de la circunferencia que describen los rascadores ya que se encuentran dentro de una tolva cónica donde varía dicho radio con respecto a la altura.

$$T = F \cdot r$$

Donde:

T: Torque [Nm]

F: Fuerza [N]

r : Radio 0,191 m

$$T = 4,57 Nm$$

Debido a que se tendrá dos rascadores, el torque necesario será el doble del obtenido anteriormente, o sea 9,15 Nm .

$$P = T \cdot w$$

Donde:

P: Potencia [w]

T: Torque [Nm]

w: Velocidad angular $\left[\frac{rad}{s}\right]$

$$w = \frac{300rev}{min} \cdot \frac{2\pi rad}{1rev} \cdot \frac{1 min}{60 s} = 31,42 \frac{rad}{s}$$

$$P = 287,58 W$$

Finalmente se el torque y la potencia total necesaria para accionar todo el sistema dosificador sumando las tres potencias antes expuestas.

$$T_t = 16,04 Nm$$

$$P_t = 428,71 W$$

4.3.3 DISEÑO DEL EJE

Para el diseño del eje se toma en cuenta el elemento de sujeción, el cual genera una carga axial, el torque producido por el servo motor, y además el peso distribuido uniformemente a lo largo del mismo eje. Por lo que el eje dosificador será considerado como una viga apoyada en uno de sus extremos con las tres cargas antes descritas.

R_y : Reacción provocada por el elemento de sujeción (Carga Axial).

T : Torque producido por el servo motor

P_e : Carga distribuida en el eje

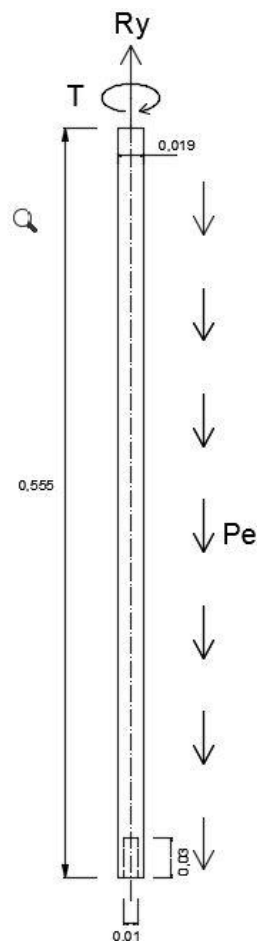


Figura IV.5: Diagrama cuerpo libre del eje

El torque ejercido por el motor está dado por el torque máximo que va entregar el sistema moto-reductor.

$$T = 17,1 \text{ N.m}$$

La reacción provocada por el elemento de sujeción va a tener poco o ningún efecto sobre el potencial de falla de nuestro eje, por lo que se determina que el eje del dosificador está sometido únicamente a torsión y en este caso el esfuerzo cortante por torsión es casi uniforme y servirá para determinar el diámetro mínimo de eje a considerar para el sistema.

Se utiliza la ecuación IV.9 para el diseño del eje.

Ecuación IV.9: Diámetro de un eje sometido a esfuerzos (Mott, 2006)

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi} \sqrt{\left[\frac{k_t M}{S_n'}\right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}}$$

Como se citó anteriormente ya que se considera constante el esfuerzo cortante torsional y las concentraciones de esfuerzos tienen poco o ningún efecto sobre el potencial de falla no se necesitará del factor de concentración de esfuerzos.

En caso del eje del mezclador no se aplicará fuerzas transversales que provoquen flexión, la ecuación IV.9 para el cálculo del diámetro mínimo queda de la siguiente forma:

Ecuación IV.10: Diámetro del eje del mezclador (Mott, 2006)

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{32FS}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y}\right]^2}}$$

Donde:

T: Torque producido por el servo motor.

D_e : Diámetro mínimo del eje.

S_y : Esfuerzo de fluencia del acero inoxidable

FS : Factor de seguridad.

El análisis se realizó con base en la resistencia a la fluencia que tiene el acero inoxidable que es $S_y = 276 \text{ MPa}$.

Remplazando valores con FS igual a 2 utilizado en diseños típicos de ejes donde hay una confianza promedio en los datos de resistencia del material y en las cargas. (Mott, 2006)

$$D_e = 0,01030 \text{ m}$$

Se concluye que se debe emplear un eje con un diámetro mayor a 10 mm, ya que en el mercado no se encuentra barras redondas de acero inoxidable de estas dimensiones se escogerá una barra redonda comercial, en este caso de 19 mm, para el eje del sistema dosificador.

4.3.4 SIMULACIÓN DEL EJE

La figura IV.6 muestra todas las cargas de torsión en el eje y de presión en las caras de los rascadores aplicadas al sistema dosificador.

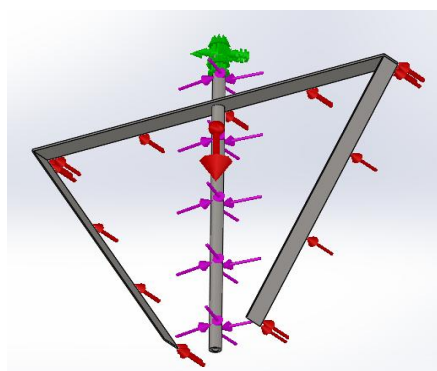


Figura IV.6: Cargas aplicadas al sistema dosificador

Como se puede observar en la figura IV.7 que muestra las tensiones a las cuales se encuentra sometido todo el sistema dosificar, tenemos una tensión máxima en el acople tornillo-eje la cual es de $100,8 \text{ MPa}$, valor que se encuentra por debajo del

límite elástico del material utilizado, por lo que no compromete con el diseño del mismo.

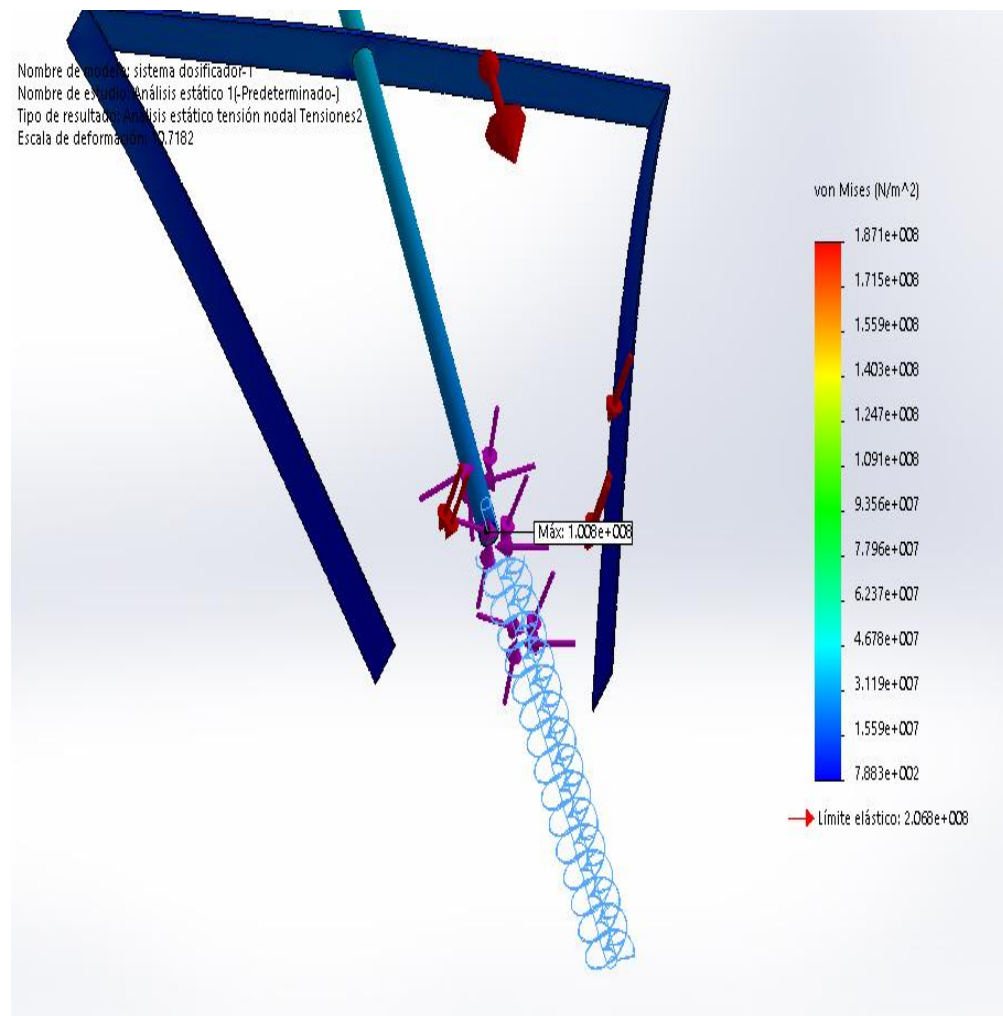


Figura IV.7: Tensión Von Mises del sistema dosificador

La figura IV.8 muestra el factor de seguridad en todos los elementos del sistema dosificador al estar sometido a las cargas antes descritas, pese que el factor de seguridad mínimo es de 2,17 se mantiene por encima de los valores en los cuales se produciría la ruptura.

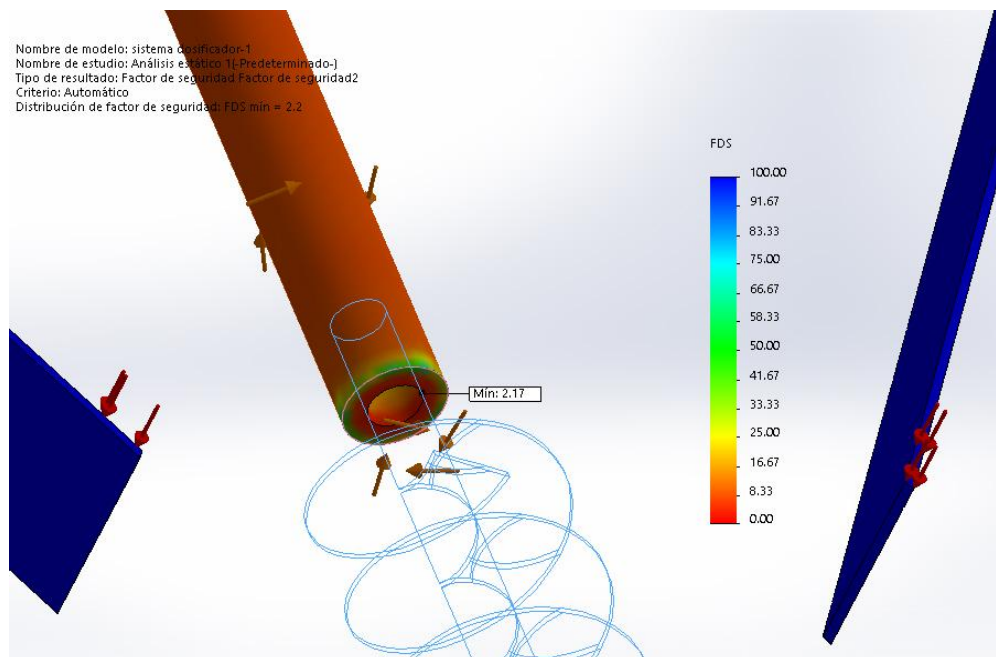


Figura IV.8: Factor de seguridad en el sistema dosificador

4.3.5 DISEÑO DEL SISTEMA REMOVEDOR

Con el fin de que el producto no se endurezca ni se formen grumos dentro de la tolva del dosificador debe contar con un sistema removedor el cual permita tener a lo largo del tornillo dosificador una misma cantidad de producto para así mantener la harina de Uchu Jacu lista para su dosificación.

Se implementarán dos rascadores los cuales recogerán la harina de la pared de la tolva, por lo cual para su dimensionamiento se tomará en cuenta la geometría de la tolva.

Como se observa en la figura IV.6 a los rascadores se les tomó en cuenta en la simulación de todo el sistema dosificador, donde los rascadores están sometidos a una presión mínima en sus caras, lo cual no compromete su diseño.

4.3.6 SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

La estructura tiene la función de soportar los demás elementos de la máquina, como también brindar estabilidad y robustez a todo el sistema.

Es así que es importante seleccionar los perfiles adecuados tanto en forma y material según la disposición de todos los elementos de la máquina.

Se escogió un perfil estructural cuadrado de acero inoxidable cuyas especificaciones se encuentran en el Anexo IX.

Como se citó, la estructura soportará los demás elementos, por lo que, en la simulación en Solid Works la fuerza que soportará la estructura será el peso de la tolva, tapa (datos obtenidos en Solid Works) y peso del sistema moto-reductor (datos obtenidos en catálogos), además la estructura soportará los 45 Kg de producto, obteniendo una fuerza total de 637,65 N que soportará la estructura.

La figura IV.9 muestra la tensión máxima obtenida, teniendo esta un valor de 38,8 MPa valor que se encuentra debajo de la resistencia del material de la estructura.

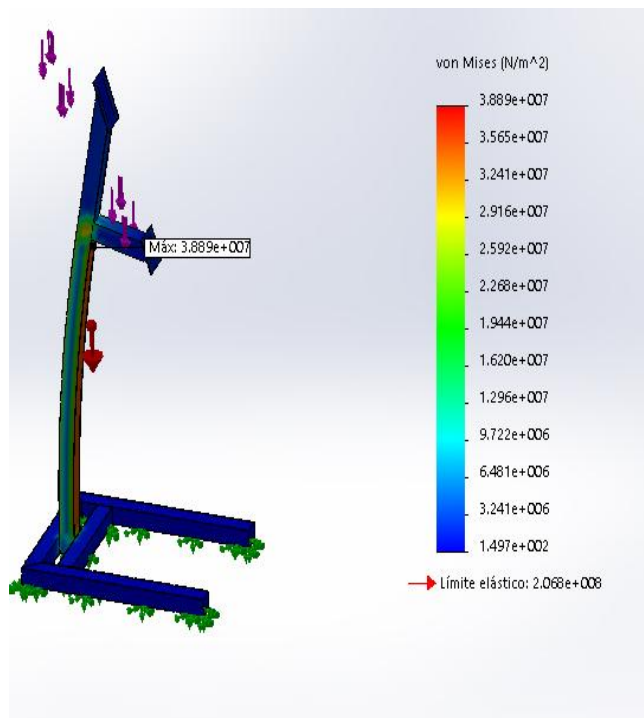


Figura IV.9: Tensión De Von Mises De La Estructura

En las figura IV.10 se muestra el factor de seguridad mínimo con un valor de 5,32, lo que demuestra que la estructura soportará sin dificultad las cargas a las que será sometida

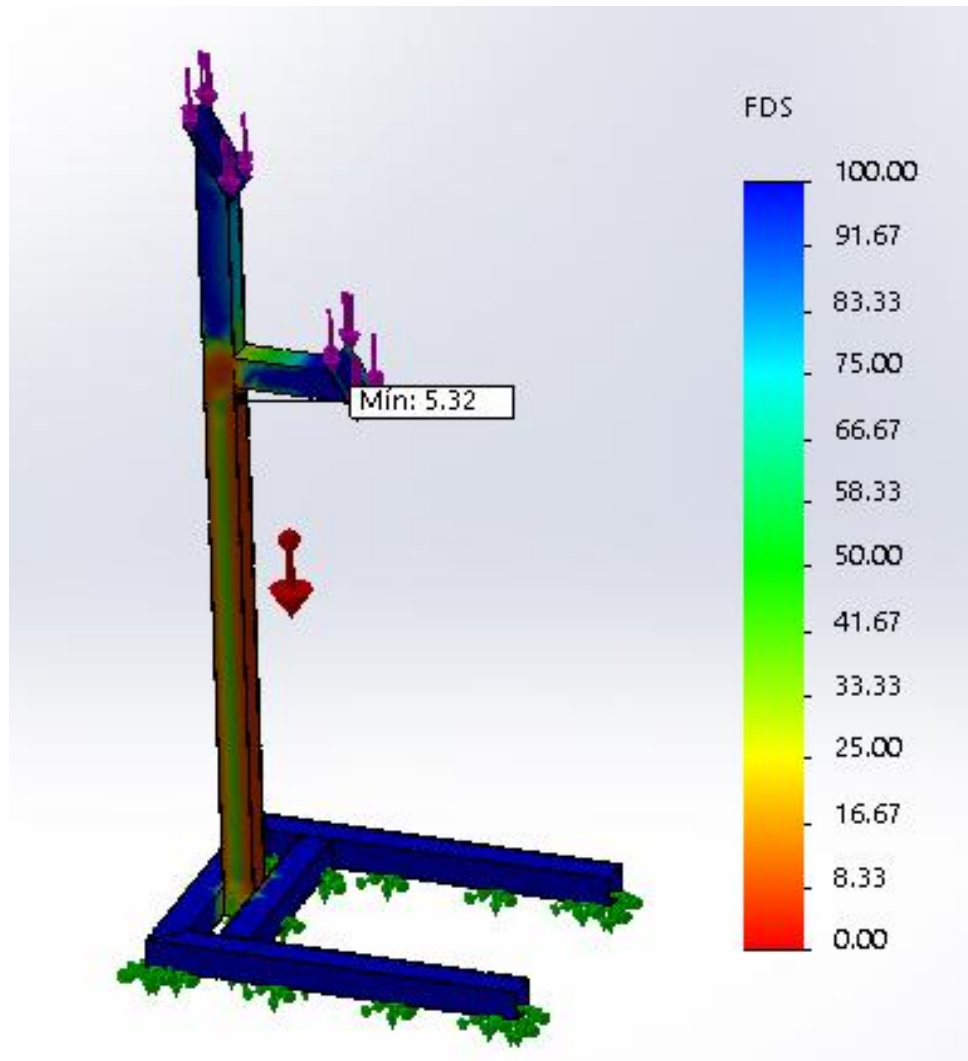


Figura IV.10: Factor de Seguridad De La Estructura

La estructura tendrá un desplazamiento máximo de 5,25 mm en la dirección donde estará la tolva, como se puede observar en la figura IV.11.

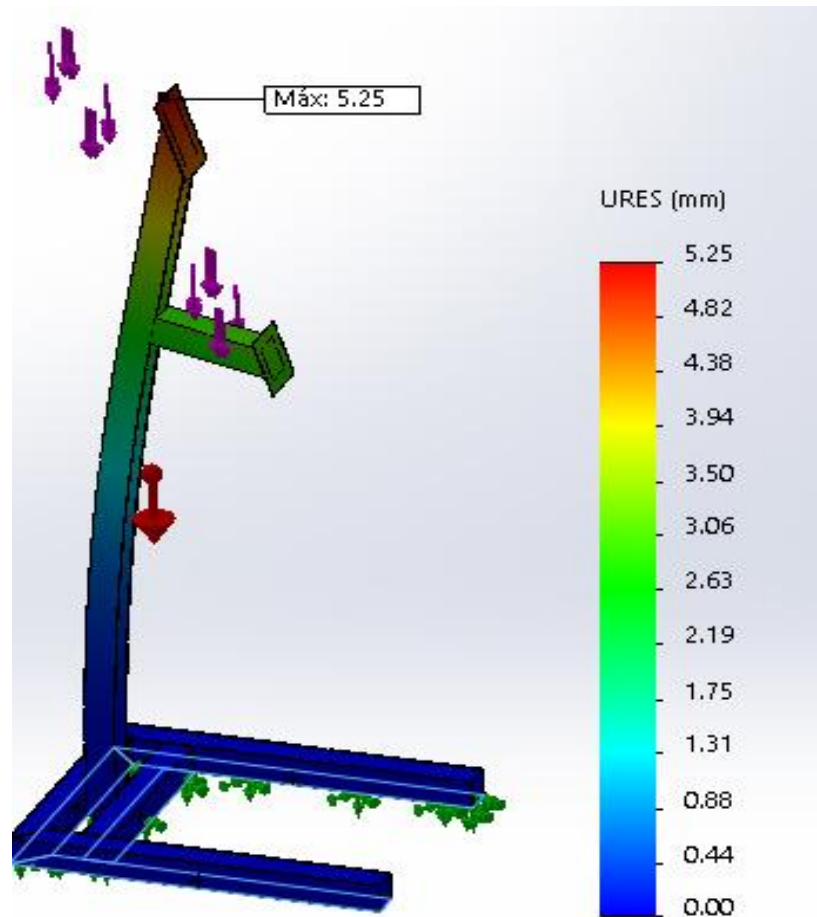


Figura IV.11: Desplazamiento De La Estructura

4.3.7 SELECCIÓN DE ACTUADORES

Una vez seleccionado y diseñado el sistema más adecuado para la dosificación del producto y obtenida la potencia y el torque necesario para el funcionamiento del sistema, es necesario seleccionar una gran variedad de actuadores.

Se tomó la decisión de utilizar servomotores debido a que brindan mayor precisión en el control de movimiento frente a otros tipos de motores, obteniendo un margen menor de error al momento de la dosificación.

Para la selección del servomotor se debe tomar en cuenta varios parámetros, los cuales ya se ha calculado previamente en los literales anteriores, como el torque efectivo, la potencia, velocidad máxima así como también se deberá tomar en cuenta el peso y dimensiones, factores importantes al momento del montaje de la máquina.

Se ha seleccionado los servomotores de la marca *SureServo* ya que ofrecen potencias mayores a las requeridas, además son robustos de uso industrial, con dimensiones y peso adecuados, se acoplan a los demás componentes del sistema y cuentan con un *encoder* muy preciso con una lectura de 10 000 pulsos por segundo.



Figura IV.12 Servo Motor SVL-207B (Automation Direct, 2013)

Por estos motivos y por recomendaciones de profesionales que han utilizado esta marca de actuadores en proyectos similares, se ha escogido el servomotor de marca *SureServo* modelo SVL-207B el cual presenta las características mostradas en la tabla IV.1.

Tabla IV.1: Características Servo Motor SVL-207B

Servomotor	W_{max} [w]	τ_{no} [N.m]	τ_{max} [N.m]	ω [rpm]
SVL-207B	750	2.39	7.16	3 000

Como se observa en la tabla IV.1 el servomotor escogido cumple con los requerimientos de potencia, pero al ser de baja inercia ofrece un torque menor al requerido, por lo cual, la solución lógica con respecto al torque seria escoger un servomotor de media inercia de la misma marca, pero por cuestiones de costos se decide acoplar al servomotor un reductor el cual permitirá un mayor torque a un mínimo costo.

Se analizó varias propuestas de reductores de diversas marcas tomando en cuenta

los requerimientos del sistema, robustez y costo, de las cuales se seleccionó un moto reductor Motive sin fin-corona con las siguientes características:

Tabla IV.2: Características Moto Reductor BOX050

Moto reductor	P [w]	τ_2 [N.m]	n_2 [rpm]	f_s	i
BOX050	750	17,1	373,3	3	7,5

La tabla IV.2 muestra que el reductor escogido cumple con los requerimientos de torque y velocidad de salida necesarios para realizar una correcta dosificación.



Figura IV.13: Moto Reductor BOX050 (Motive, 2014)

CAPÍTULO V

CONTROL DEL SISTEMA

5.1 INTRODUCCIÓN

El diseño del sistema de control se lo ha realizado en función de los requerimientos de automatización de la máquina, es así que para el sistema de dosificación por tornillo sin fin las variables a controlar son: el tiempo de dosificación y el número de vueltas del sistema dosificador parámetros proporcionados por el sistema reductor-servomotor.

En el capítulo anterior, se ha escogido como sistema motriz un reductor acoplado a un servo motor de la marca *SureServo* modelo SVL-207B.

Pese a que el sistema motriz está conformado por un reductor y un servo motor, el control y la selección del *Servo Drive* se lo harán en base al servo motor pero además se deberá tomar en cuenta las características del reductor al momento de ingresar los parámetros al *Servo Drive*.

5.2 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SERVO DRIVE

Un *servo drive* es un dispositivo que nos permite controlar al servo motor mediante una señal de mando la que será amplificada con el fin de transmitir corriente eléctrica al servo motor, para producir un movimiento proporcional a dicha señal, la cual puede ser de velocidad, torque o posición.

Para la selección del *servo drive* es importante conocer que servomotor que se utilizará, debido a que los dos dispositivos deben ser compatibles entre sí.

En la actualidad cada fabricante ofrece el servomotor junto con su controlador es así que para el servomotor que hemos escogido previamente deberemos escoger el servo drive en base al catálogo de configuración del sistema para los servomotores *SureServo*.

Para el modelo SVL-207B el catalogo muestra que para este servomotor le corresponde el servo drive SVA-2100. Como se muestra en la tabla.

Tabla V.1: Combinación De Drive y Servo-motor

Drive and Motor Combinations					
Inertia	Power	Servo drive *	Servo motor (no brake)	Servo motor (with brake)	Motor Code *
Low inertia	100W	SVA-2040	SVL-201	SVL-201B	10 (default)
	200W		SVL-202	SVL-202B	11
	400W		SVL-204	SVL-204B	12
	750W	SVA-2100	SVL-207	SVL-207B	20 (default)
	1000W		SVL-210	SVL-210B	21
Medium inertia	1000W	SVA-2300	SVM-210	SVM-210B	22
	2000W		SVM-220	SVM-220B	30 (default)
	3000W		SVM-230	SVM-230B	31

Este servo drive es AC; puede ser de simple fase o trifásico; posee un módulo de comunicación Modbus RTU, además permite el ingreso de datos de forma externa ya sea a través de un computador o PLC, o internamente ingresando los datos a través del display.

**Figura V.1: Servo Drive SVA-2100 (Automation Direct,2013)**

La siguiente tabla muestra las características principales del Servo Drive SVA-2100.

Tabla V.2: Características principales del Servo Drive SVA-2100.

Modelo SVA-2100	
Voltaje de alimentación	Monofásico o trifásico
Rango de voltaje y frecuencia.	1 ϕ : 170-255 V @ 50/60 Hz \pm 5 % 3 ϕ : 200-255 V @ 50/60 Hz \pm 5 %
Corriente de entrada	1 ϕ : 8.0 A @ 1 KW 3 ϕ : 6.2A @ 1KW
Peso	2.0 Kg
Rango de velocidad	0-5000 rpm
Pulsos Tipo	Pulso + Dirección, A fase + B fase en cuadratura. Pulso CCW + pulso CW
Resolución del encoder	10 000 ppr
Interface de comunicación	Rs-232 / RS-485 /RS-422 / Modbus / ASCII & RTU hasta 115k Baud
Temperatura de trabajo	0 – 55 °C
Humedad	0-90 % (sin condensación)
Protección	IP 20
Aprobados por:	CE; UL en (U.S. y Canadá)

Este sistema se alimenta con 220 Voltios trifásico o monofásico a una frecuencia de 50-60 Hertz. El Servo Drive cuenta con diodos que transforman la corriente alterna de entrada en corriente continua para fuentes de poder internas, que generan 12 y VCC, 12 Voltios para uso de señales analógicas unipolares en el control analógico.

El control de este Servo Drive se basa en un microprocesador de alta velocidad que controla servo motor con una frecuencia nominal de 200 Hertzios. Todos los accionamientos deben usar el bloque de terminales ASD-BM (Tarjeta de control de señales discretas), excepto cuando se usa el MODBUS.

5.2.1 COMPONENTES DEL SERVO DRIVE

Para configurar los parámetros del Servo Drive es importante describir y comprender primero el funcionamiento de los componentes que lo conforman.

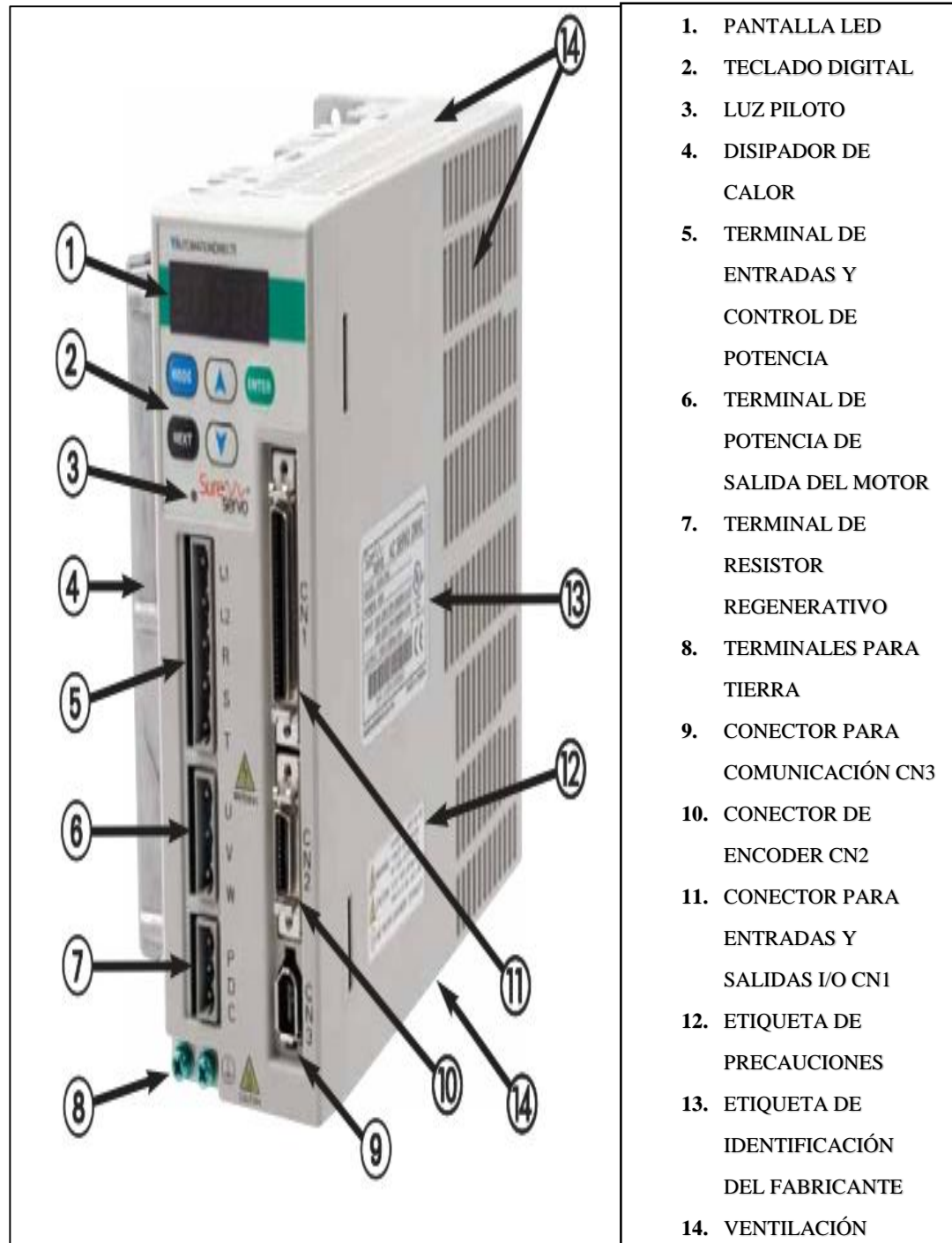


Figura V.2: Descripción del Servo Drive SVL-2100

A continuación detallaremos el contenido de cada puerto.

- **CONECTOR PARA ENTRADAS Y SALIDAS I/O CN1**

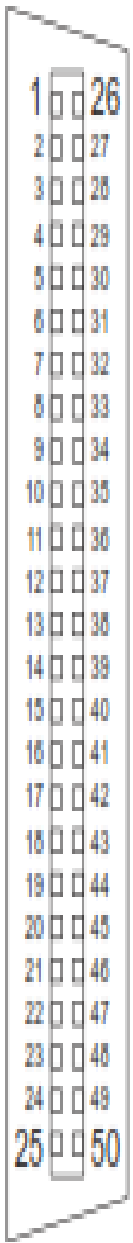
El conector CN1 proporciona una interfaz para tres grupos de señales:

- 1) Señales analógicas de velocidad y control de torque, codificador de referencia del motor, entradas de pulso / dirección, y tensiones de referencia.
- 2) Entradas digitales programables
- 3) Salidas digitales programables.

Tabla V.3: Descripción de señales del puerto CN1

DIAGRAMA DE PINES PUERTO CN1		DESCRIPCIÓN DE SEÑALES DEL PUERTO CN1		
		SEÑAL	PIN	FUNCIÓN
Entradas analógicas	V_Ref	42	Comando de velocidad externo ($\pm 10V$) (Parámetro de ingreso de valor $\pm P1-40$). Ingresar valor por P4-22 entrada analógica de velocidad. Rpm Motor limitada por P1-55, Max. Límite de velocidad. (resolución : 13 bits de @ 0 ~ 1V ; 13 ~ 10 bits @ 1 ~ 2 V ; 10 bits de @ 2 ~ 10V)	
	T_Ref	18	Comando de Torque externo ($\pm 10V$) Parámetro de ingreso de valor $\pm P1-41$, Agrega P4-23 Offset analógica de par de entrada. (Resolución de 10 bits)	
Salidas analógicas	MON1 MON2	15 16	El funcionamiento del motor, como las características, tales como velocidad, se puede representar por tensiones analógicas. La unidad ofrece dos canales de salida que se pueden configurar con el parámetro P0-03. Bipolar $\pm 8VDC$ @ 1 mA ; Resolución 12,8 mV / recuento	

DIAGRAMA DE PINES PUERTO CN1
DESCRIPCIÓN DE SEÑALES DEL PUERTO CN1 (continuación)

		SEÑAL	PIN	FUNCIÓN
	Pulsos de entrada de posición	PULS E	41	<p>La unidad <i>SureServo</i> tiene dos tipos de entradas de impulsos de posición : Línea conductor (500kpps max) y de colector abierto / push -pull / PNP (máx 200Kpps).</p> <p>Hay tres tipos de comandos de pulso: Pulso + Dirección, fase A + fase B (cuadratura) y el pulso CCW + CW pulso.</p> <p>Estos tres tipos de impulsos pueden seleccionarse mediante el uso de parámetro P1-00</p>
		/PULS E	43	
	SIGN /SIGN	37		
		36		
	PULL HI	35	Al usar entradas de colector abierto, este terminal debe ser conectado a una fuente de alimentación pull-up.	
	Pulsos de salida de posición	OA /OA	21	<p>Salida de señal de encoder A, B, Z.</p> <p>Esta salida es una representación escala del motor codificador</p>
		OB /OB	25	
			23	
		OZ /OZ	50	
	Fuente de energía	VDD	17	<p>VDD es de + 24VDC proporcionada por la unidad que se utiliza como fuente DI.</p> <p>Corriente máxima disponible es de 500 mA.</p>
COM+		11		
Fuente de energía	COM-	45	<p>COM + es el extremo de entrada de voltaje común de DI y DO señal.</p> <p>Al usar VDD, se debe conectar a COM +. si no utilizando VDD , los usuarios han de añadir una potencia aplicada (+ 12VDC a + 24VDC).</p>	
		47		
		49		
		49		
Fuente de energía	VCC	20	<p>VCC + 12V proporcionada por la unidad. Se utiliza para proporcionar alimentación a los mandos analógicos (velocidad o par). máximo disponible corriente es 100 mA</p>	
	GND	12,1 3,19, 44		La polaridad de VCC esta con respecto a GND
Otras	-----	-----	-----	
		-		

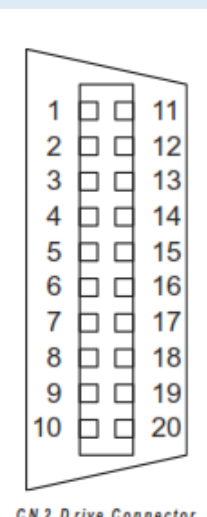
- **CONECTOR DE ENCODER CN2**

Cuando la corriente es aplicada por primera vez a la unidad de servo, los algoritmos de control detectan la posición del rotor a través de sensores incrustados en

el motor, la entrada de las señales UVW para la conmutación son a través de los pines ABZ del encoder.

A raíz de la posición de detección del rotor, la unidad cambia automáticamente a la codificación de control de conmutación, el recuento del codificador de 2500 líneas es automáticamente multiplicado por cuatro en el interior de la unidad para producir 10.000 ppr para una mayor precisión de control. La salida se puede escalar con el parámetro P1-46

Tabla V.4: Descripción de señales del puerto cn2

Diagrama de Pines Puerto CN2	DESCRIPCIÓN DE SEÑALES DEL PUERTO CN2			
	PIN	Nombre de la señal	Terminal	Descripción
 <p>CN2 Drive Connector</p>	2	Entrada de fase /Z	/Z	salida de fase / Z Encoder
	4	Entrada de fase /A	/A	salida de fase / A Encoder
	5	Entrada de fase A	A	salida de fase A Encoder
	7	Entrada de fase B	B	salida de fase B Encoder
	9	Entrada de fase /B	/B	salida de fase /B Encoder
	10	Entrada de fase Z	Z	salida de fase Z Encoder
	14,16	Fuente Encoder	+5V	Fuente 5V encoder
	13,15	Fuente Encoder	GND	Tierra

- **CONECTOR PARA COMUNICACIÓN CN3**

A través de este puerto el servo drive puede conectarse a un ordenador o una Controlador (PLC) a través del MODBUS a través de 3 interfaces de comunicación serial comunes: RS -232, RS- 422 y RS-485 conexiones.

RS- 232 es utilizado con frecuencia, pero se limita en cierta medida desde la longitud máxima del cable para las conexiones RS- 232 es 15 metros (50 pies), y sólo se puede conectar dos dispositivos. El uso de RS - 485 permite distancias de transmisión más largas y soporta múltiples unidades conectadas en una red multipunto.

El parámetro P3-05 selecciona y configura la comunicación que está siendo utilizado.

Tabla V.5: Descripción de señales del puerto CN3

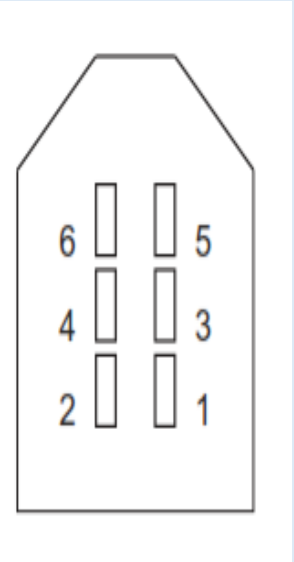
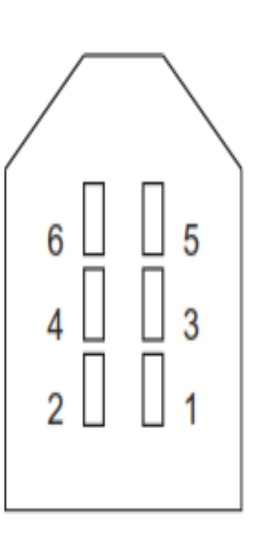
DIAGRAMA DE PINES PUERTO CN2		DESCRIPCIÓN DE SEÑALES DEL PUERTO CN3			
		PIN	Nombre de la señal	Terminal	Descripción
		1	Toma de Tierra	GND	Tierra
		2	Transmisión de datos RS-232	RS-232 Tx	Para la transmisión de datos de la unidad de servo. Conectado a la interfaz RS - 232 del PC
		3	Recepción de datos RS -422/485	RS - 422/485 RXD +	Para los datos que reciben de la unidad de servo. (controlador de línea diferencial + final)

DIAGRAMA DE PINES PUERTO CN2 DESCRIPCIÓN DE SEÑALES DEL PUERTO CN3
(continuación)

	PIN	Nombre de la señal	Terminal	Descripción
	4	Recepción de datos RS-232	RS-232 Rx	Para los datos que reciben de la unidad de servo Conectado a la interfaz RS - 232 del PC
		Recepción de datos RS -422/485	RS - 422/485 RXD -	Para los datos que reciben de la unidad de servo. (controlador de línea diferencial - final)
	5	Transmisión de datos RS -422/485	RS - 422/485 TXD +	Para la transmisión de datos de la unidad de servo. (controlador de línea diferencial + final
	6	Transmisión de datos RS -422/485	RS - 422/485 TXD -	Para la transmisión de datos de la unidad de servo. (controlador de línea diferencial - final

5.2.2 CONEXIONES Y PROTECCIONES DEL SERVO DRIVE

El servo drive será de vital importancia dentro de nuestra maquina pues será el encargado de controlar todo el proceso de dosificación, por lo que se deben tomar en consideración las recomendaciones del fabricante para las conexiones respectiva.

La figura muestra las conexiones y protecciones tanto en la etapa de potencia como en la de control.

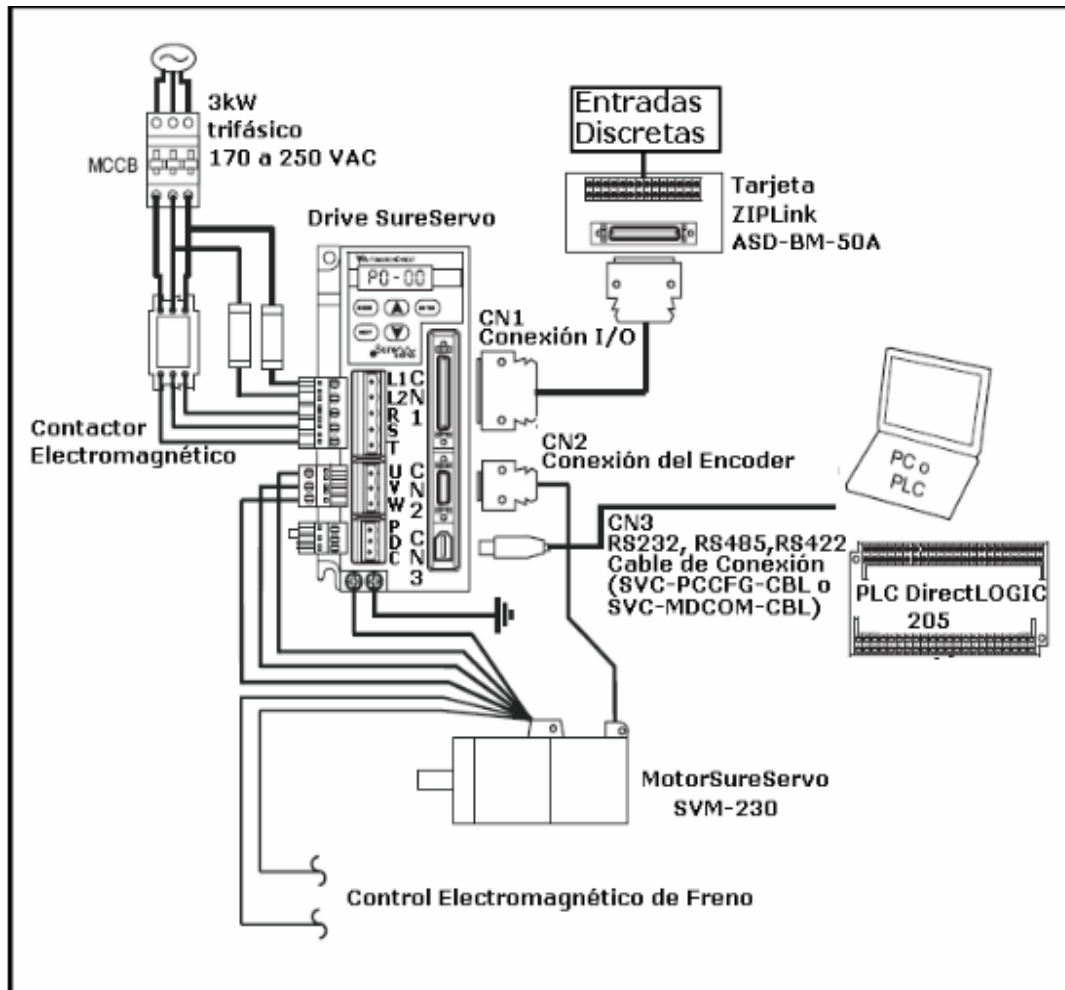


Figura V.3: Descripción de las conexiones y protecciones de Servo Drive SVL-2100

Como se observa en la Figura V.3 el servo drive debe tener protecciones las cuales no permitan sobrecargas al mismo por lo cual a continuación se describirán las características tanto del Breaker como del contactor que se implementaran como protecciones de la parte de control de nuestra máquina.

- **Breaker Chint NB1-63 h C20 (20 [A]):**

El disyuntor termo magnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos, protege en caso de cortocircuito y en caso de sobrecarga, es un accesorio necesario para seguridad de los componentes electrónicos de nuestra maquina en especial del Servo Drive.

A continuación se detallan las características del Breaker escogido para la implementación de nuestra máquina.

Disyuntor termo magnético tripolar NB1-63H de 20 A marca CHINT, con dimensión de 54 mm, para instalaciones eléctricas civiles, elevado poder de corte en cortocircuito hasta 10 kA, bloques auxiliares modulares que garantizan instalaciones rápidas y fáciles, sus conexiones para barras tipo busbar o cables y terminales especialmente diseñados para garantizar una operación segura.

Además cuenta con una caja resistente al calor, retardante de llama, alta resistencia a impactos además de contar con un mecanismo de almacenamiento de energía que prolonga la vida útil.

Este dispositivo está fabricado en conformidad con la norma: IEC-EN60947-5-1 y certificado por: CE, CB, ESC, KEMA, SEMKO, UL, VDE, UKRTEST, PCT, RCC



Figura V.4: Disyuntor termo magnético NB1-63 H

- **Contactador:**

Un contactor es un dispositivo controlado mediante electroimán que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, tan pronto se dé tensión a la bobina.

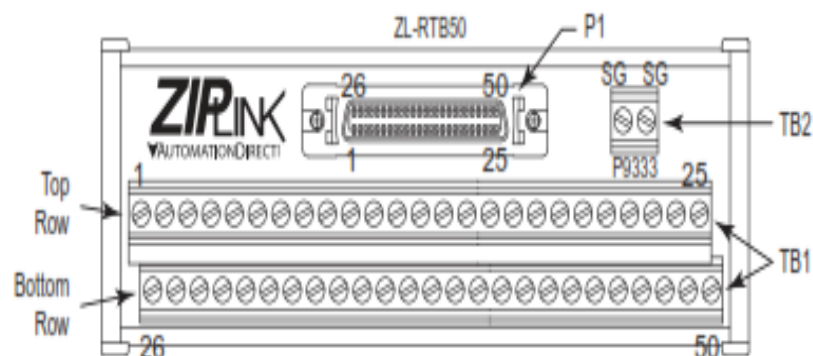
El contactor de corriente alterna NC1 marca CHINT que se implementa en el gabinete principal, muestra gran credibilidad en cuestión de protección, con una tensión nominal: 50/60Hz, hasta 690V y de corriente nominal: 12A-AC3, contactos auxiliares de aire 1NA, este dispositivo se utiliza para maniobra de circuitos a distancia, protección de circuitos contra sobrecargas en combinación con un relé térmico, maniobra y control de motores. La condición de montaje para el dispositivo es que la inclinación entre el plano de montaje y el plano vertical no debe superar los $\pm 5^\circ$



Figura V.5: Contactor Chint NC1-12

5.2.3 Tarjeta ZIP link ZL RBT50

El servo Drive SVA-2100 permite conectar al puerto CN1 la tarjeta ZIPLink de entradas discretas la cual permite controlar los diferentes modos y opciones que nos brinda el servo drive mediante estas entradas previa configuración de parámetros del drive.



ZL-RTB50 Pin-out - TB1																									
Top Row																									
P1 Pin #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
TB1 Terminal #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	-	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Description	DO4+	DO3-	DO3+	DO2-	DO2+	DO1-	DO1+	DI4	DI1	DI2	COM+	GND	GND	n/c*	MON2	MON1	VDD	T_REF	GND	VCC	OA	/OA	/OB	/OZ	OB
Bottom Row																									
P1 Pin #	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
TB1 Terminal #	26	27	28	-	30	31	32	33	34	35	36	37	-	-	-	41	42	43	44	45	-	47	48	49	50
Description	DO4-	DO5-	DO5+	n/c*	DI8	DI7	DI6	DI5	DI3	Pull Hi	/SIGN	SIGN	n/c*	n/c*	n/c*	PULSE	V_REF	/PULSE	GND	COM-	n/c*	COM-	OCZ	COM-	OZ
* n/c indicates no connection. Terminals marked n/c should be left unconnected; otherwise the SureServo drive could be damaged.																									
ZL-RTB50 Pin-out - TB2																									
TB2 is internally connected to the shield drain wire and should be field connected to earth ground.																									

Figura V.6: Descripción tarjeta ZIP link ZL RBT50

5.2.4 MODOS DE OPERACIÓN DEL SERVO DRIVE SVL-2100

Los Servo Drive SVA-2100 pueden ser configurados para proporcionar seis modos de control individuales y cinco modos duales, como se muestra en la tabla siguiente. Estas modalidades de control pueden ser establecidas por el parámetro P1-01. Todos los valores predefinidos (velocidad, posición, par) son direccionables a través de MODBUS, dando un número ilimitado de puntos de ajuste. La tabla muestra todos los modos que pueden ser configurados por el Servo Drive y descripción de cada uno de ellos.

Tabla V.6: Modos de control del Servo Drive SVL-2100

MODOS DE CONTROL DEL SERVO DRIVE SVL-2100			
MODOS DE CONTROL		CODE	DESCRIPCIÓN
SINGLE MODE	Posición Externa	Pt	La posición del servomotor es controlada mediante la activación de una señal externa.
	Posición Interna	Pr	El control de posición se logra a partir de ocho comandos almacenados en la unidad y seleccionados mediante señales digitales (DI).
	Velocidad	V	El control de velocidad (rapidez) se obtiene ya sea por una señal analógica externa (-10 a +10 Vcd) o por los parámetros establecidos dentro de la unidad y seleccionados por señales digital (DI) (Estas velocidades se pueden almacenar internamente)
	Velocidad Interna	Vz	El control de velocidad (rapidez) se obtiene solamente por parámetros establecidos dentro de la unidad y seleccionados por señales de entrada digital (DI). (Se pueden almacenar hasta tres velocidades diferentes internamente).
	Torque	T	El control de Torque puede lograrse mediante una señal analógica externa (-10 a +10 Vcd) o por los parámetros establecidos dentro de la unidad y seleccionados a través de señales de entradas digitales (DI). (Se pueden almacenar hasta tres niveles de Torque internamente).
	Torque Interno	Tz	El control de Torque es alcanzado solamente por los parámetros establecidos dentro de la unidad y seleccionada mediante entradas digitales (DI). (Hasta tres niveles de Torque pueden ser almacenados internamente).
DUAL MODE	Posición-Velocidad Externo	Pt-S	El control se lo realiza seleccionando entradas de señales digitales (DI) ya sea Pt o S control.
	Posición-Torque Externo	Pt-T	El control se lo realiza seleccionando entradas de señales digitales (DI) ya sea Pt o T control.
	Posición-Velocidad Interno	Pr-S	El control se lo realiza seleccionando entradas de señales digitales (DI) ya sea Pr o S control.
	Posición-Torque Interno	Pr-T	El control se lo realiza seleccionando entradas de señales digitales (DI) ya sea Pr o T control.
	Velocidad-Torque	S-T	El control se lo realiza seleccionando entradas de señales digitales (DI) ya sea S o T control.

Como observamos en la Tabla con el sistema se puede controlar el torque o momento, la velocidad o posición del eje del motor.

Tanto el torque como la velocidad del eje pueden ser controlados por medio de una señal analógica de -10 a +10 voltios o por medio de valores predefinidos colocados dentro de la memoria del accionamiento. En cambio la posición del eje (ángulo) se lo controla por medio de señales de pulso y dirección o por parámetros ingresados a la memoria.

Además como ya lo citamos es posible leer y escribir datos por medio de una comunicación serial MOSBUS RTU, que puede alcanzar hasta 115.2 kbps, lo que también nos permite controlar torque, velocidad y posición.

Para probar el funcionamiento del Servo Drive con todo el conjunto motriz se procedió a configurar al drive en modo JOG un parámetro para prueba que nos ofrece este Servo drive.

5.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Como ya se citó en lo ítems anteriores los parámetros a controlar serán el número de vueltas del tornillo (posición), el cual tiene relación con el volumen de llenado del plano helicoidal del tornillo sin fin al dar una vuelta completa alrededor del eje; en este caso para nuestros requerimientos 24.9 revoluciones y la velocidad calculada para el giro del sistema 300 rpm necesarios para cumplir con el requerimiento de tiempo de dosificado.

El control de la máquina será semiautomático por lo que una persona será la encargada de activar los componentes para producir la dosificación mediante un pedal que enviará la señal al Servo Drive mediante el cual activará el conjunto servo motor-reductor.

A continuación se detalla el diagrama de bloque del sistema de dosificación donde se observa la distribución tanto de los dispositivos de control, como de los dispositivos de visualización.

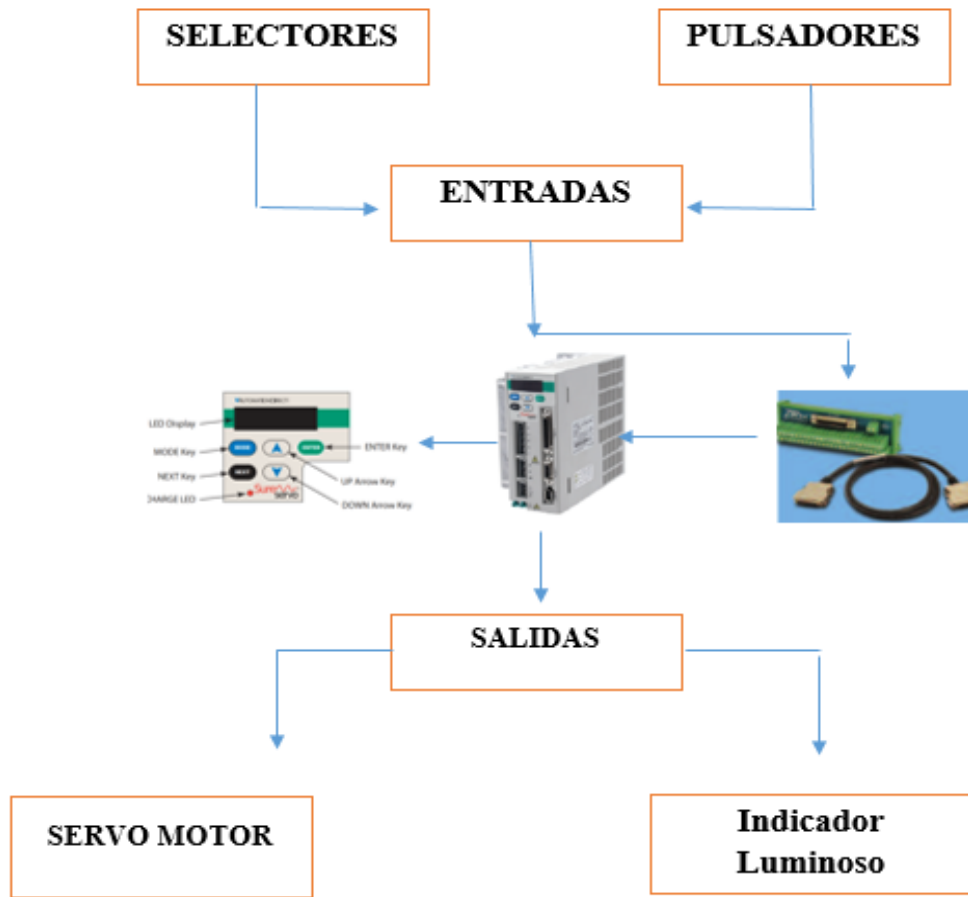


Figura V.7: Diagrama de bloque del sistema dosificador

De acuerdo a la data sheet del Servo Drive el modo de control que se acopla a nuestros requerimientos fue el modo de Posición Interna Pr el cual funciona como un sistema de lazo cerrado.

El modo de control de posición (modo Pr) se lo utiliza en aplicaciones que requieren posicionamiento de precisión.

Los parámetros de mando de este modo son 16 registros a través P1-15 a P1-30, que proporcionan hasta ocho posiciones de mando diferentes.

Cada comando posición consta de un registro, que define el número revoluciones del servo- motor (+- 30 000 revoluciones) y un segundo registro que define cualquier fracción de revolución (+- 10 000 pulsos).

Por ejemplo si se requiere que el eje gire $3\frac{1}{2}$ revoluciones se deberá ingresar en el parámetro P1-15 el valor de 4 revoluciones y en P1-16 el valor de -5 000 pulsos.

Además los parámetros P2-35 a P2-43 nos dan la opción de ingresar velocidades de giro para el modo posición de control.

5.4 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL SERVO DRIVE SVA-2100.

El control y alimentación del servomotor se realiza mediante el servo driver, el cual es exclusivo para realizar este trabajo según datos del fabricante.

El servo driver cuenta con un panel digital de control, cuyas funciones permiten establecer los parámetros necesarios para controlar el servomotor, en la Tabla V.7, se describe la configuración realizada y funciones del panel de control digital.

La configuración del modo Posición Interna Pr se la realiza ingresando parámetros y valores según nuestro requerimiento detallados en la siguiente Tabla.

Tabla V.7: Configuración de Parámetros del Servo Drive SVA-2100 para Modo Posición Interna (Pr)

Configuración de Parámetros del Servo Drive SVA-2100 para Modo Posición Interna (Pr)	
Parámetro	Descripción
P1-01	<p>Selecciona el tipo de Control (Torque, posición, Velocidad) y el sentido de giro del eje del servo motor.</p> <p>Ingresamos los valores: 1 01</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Nos indica que el servomotor tendrá una rotación horaria • 01 Configura al Servo Drive para que funcione en Modo Pr (posición Interna)
P2-15	Se ingresa 00 para deshabilitar pues no se utilizan.
P2-16	Se ingresa 00 para deshabilitar pues no se utilizan.

Configuración de Parámetros del Servo Drive SVA-2100 para Modo Posición Interna (Pr) (Continuación)

Parámetro	Descripción
P2-10	<p>Ingreso de parámetro para habilitar entradas y salidas del módulo d ZIPLink.</p> <p>Ingresamos los valores 1 11</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Habilita la entrada • 11 Configura a la entrada I1 como Servo enable.
P2-11	<p>Ingresamos los valores 1 01</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Habilita la entrada • 11 Configura a la entrada I2 Comand Select 0 PCS 0 (el eje rotara según los parámetros ingresados en la posición 1).
P2-13	<p>Ingresamos los valores 1 08</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Habilita la entrada • 08 Configura a la entrada I4 Comand Trigger (esta entrada nos permite enviar un pulso para que se produzca la rotación del eje).
P2-14	<p>Ingresamos los valores 1 02</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Habilita la entrada • 08 Configura a la entrada I5 Alarm Reset (esta entrada resetea la posición del contador del drive).
P1-33	<p>Ingresamos los valores 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Incrementa la posición final del contador de los valores ingresados por P1-15 y P1-16.

Configuración de Parámetros del Servo Drive SVA-2100 para Modo Posición Interna (Pr) (Continuación)

Parámetro	Descripción
P1-15	Ingresar el valor XXX revoluciones Este valor será las revoluciones de giro del eje necesario para nuestro sistema.
P1-16	Ingresar el valor de 0 Este valor nos proporciona Pulsos de vueltas del eje. 1000 \longrightarrow 0.1 rev
P2-35	Ingresar el valor de XXX rpm Este valor será las velocidad de giro del eje en rpm necesario para nuestro sistema referente a la posición 1 y valores ingresados en P1-15 y P1-16.

5.5 CONTROL DEL SERVO MOTOR POR EL OPERARIO.

El servomotor como se indica en la Figura se controlado por el operario mediante los diferentes *switchs* que se encuentran en el panel de control.

El operario contara con un *swich 1* de encendido y apagado, además con un pedal *swich 2 tigger* el cual será configurado para el accionamiento del sistema dosificador, el *swich 3* el cual reinicia el contador para q este no sea incremental, y el paro de emergencia *swich 4* el cual inhabilita la fase de potencia quitando la alimentación de la máquina

CAPÍTULO VI

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS

6.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica el proceso construcción y montaje de la máquina dosificadora así como también se da a conocer las pruebas realizadas y los resultados obtenidos tanto a nivel de producción como de funcionamiento.

6.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Para la construcción de los elementos que conforman los diferentes sistemas del dosificador de harina de Uchu Jacu es indispensable contar con un taller metal-mecánico adecuado donde se disponga de máquinas y herramientas apropiadas, además del asesoramiento y ayuda de personal con experiencia en el manejo de herramientas y que utilice materiales y elementos normalizados existentes en el mercado.

En la tabla VI.1 se enlistan todas las máquinas, equipos, herramientas, instrumentos de medición, verificación y equipo de seguridad que se requiere para la construcción y ensamblaje del dosificador de harina de Uchu Jacu.

Tabla VI.1: elementos para la construcción de la maquina dosificadora para harina de Uchu jacu

ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA DOSIFICADORA PARA HARINA DE UCHU JACU			
MÁQUINAS Y EQUIPO	HERRAMIENTAS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN	EQUIPOS DE SEGURIDAD
<ul style="list-style-type: none"> • Torno • Fresadora • Esmeril 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillas para torno • Sierra • Llaves en general 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrador o pie de rey • Flexómetro • Escuadra • Graduador 	<ul style="list-style-type: none"> • Mascara para soldar • Guantes

ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA DOSIFICADORA PARA HARINA DE UCHU JACU (Continuación)			
MÁQUINAS Y EQUIPO	HERRAMIENTAS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN	EQUIPOS DE SEGURIDAD
<ul style="list-style-type: none"> • Taladro de mano y mesa • Cortadora • Amoladora • Dobladora • Roladora • Soldadora de TIC y de arco eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Útiles para torneear • Limas • Martillo • Juego de llaves de boca • Juego de llaves hexagonales • Rayador • Discos de corte • Discos de desbaste • Juego de brocas 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel 	<ul style="list-style-type: none"> • Mandil • Gafas

6.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.

A continuación se detallan los procesos que se siguieron para elaborar cada uno de los componentes de los sistemas del dosificador basados en los diseños y resultados obtenidos en los capítulos anteriores.

Tabla VI.2: Proceso de elaboración de los componentes de la máquina.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA. (Continuación)		
SISTEMA	ELEMENTO	PROCESO
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	TOLVA	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y simulación: Según los requerimientos del sistema se realiza los cálculos necesarios y dimensionamiento, para proceder a realizar los planos. Ayudados de una herramienta CAD además realizamos la simulación • Trazado: Se realiza el trazado en una plancha de acero inoxidable AISI 304 según las especificaciones de los planos, con sobredimensionamiento de 2 mm de las medidas establecidas para la tolva. • Corte: Se realiza el corte de la plancha de acero inoxidable AISI 304 según el diseño preestablecido en la fase de diseño. • Refrentado: Se realiza este proceso en el torno sobre los bordes del molde obtenido y caras. • Rolado: La plancha obtenida se la pasa por rodillo a presión hasta obtener la forma cónica deseada. • Soldadura: Realizar las soldaduras uniendo los perfiles, bisagras y tubo dosificador.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA. (Continuación)		
SISTEMA	ELEMENTO	PROCESO
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	TAPA TOLVA	<p>Diseño y simulación: Según los requerimientos del sistema se realiza los cálculos necesarios y dimensionamiento, para proceder a realizar los planos. Ayudados de una herramienta CAD además realizamos la simulación</p> <p>Trazado: Se realiza el trazado en una plancha de acero inoxidable AISI 304 según las especificaciones de los planos, con sobredimensionamiento de 2 mm al radio requerido de la tapa.</p> <p>Corte: Se realiza el corte de la plancha de acero inoxidable AISI 304 según el diseño preestablecido en la fase de diseño.</p> <p>Refrentado: Se realiza este proceso en el torno sobre los bordes del molde obtenido y caras.</p> <p>Soldadura: Realizar las soldaduras de bisagras y tubo dosificador.</p>
	MEZCLADOR	<p>Diseño y simulación: Según los requerimientos del sistema se realiza los cálculos necesarios y dimensionamiento, para proceder a realizar los planos. Ayudados de una herramienta CAD además realizamos la simulación</p> <p>Corte: Se corta la barra de acero inoxidable de acuerdo a la longitud requerida para el eje y las barras cuadradas según la forma de las aspas del mezclador.</p> <p>Taladrado: Se realizan las perforaciones en los barras según el diseño planificado.</p> <p>Refrentado: Se realiza este proceso en el torno sobre los extremos de las barras, además se realiza un orificio en el extremo como acople con el tornillo dosificador.</p> <p>Soldadura: Realizar las soldaduras del eje hacia las aspas del mezclador.</p>

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA. (Continuación)		
SISTEMA	ELEMENTO	PROCESO
SISTEMA DOSIFICADOR	TORNILLO DOSIFICADOR	<p>Refrentado: Se realiza este proceso en el torno sobre los extremos del tornillo, además se procedió a mecanizar un extremo del tornillo para el acople con el mezclador.</p> <p>Taladrado: Se realizan las perforaciones para prisioneros</p>
ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	<p>Diseño y simulación: Según los requerimientos del sistema se realiza los cálculos necesarios y dimensionamiento, para proceder a realizar los planos. Ayudados de una herramienta CAD además realizamos la simulación</p> <p>Corte: Se corta los perfiles de acuerdo al dimensionamiento de la estructura establecido.</p> <p>Soldadura: Realizar las soldaduras de los perfiles de acuerdo al diseño establecido, soldar la tolva hacia la estructura.</p>

6.4 MONTAJE DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA

Una vez terminada la construcción de los elementos a utilizar en la máquina dosificadora se procede al montaje de los diferentes sistemas que actúan en ella.

- 1) Acople tolva-estructura mediante proceso de soldadura.



Figura VI.1 Montaje de la tolva en la estructura

- 2) Montar el sistema motriz reductor-servo motor a la tapa de la tolva de almacenamiento alinear y ajustar pernos.



Figura VI.2 Montar el sistema motriz reductor-servo motor a la tapa de la tolva

- 3) Realizar acople del sistema dosificador del tornillo dosificador –mezclador ajustar prisioneros.

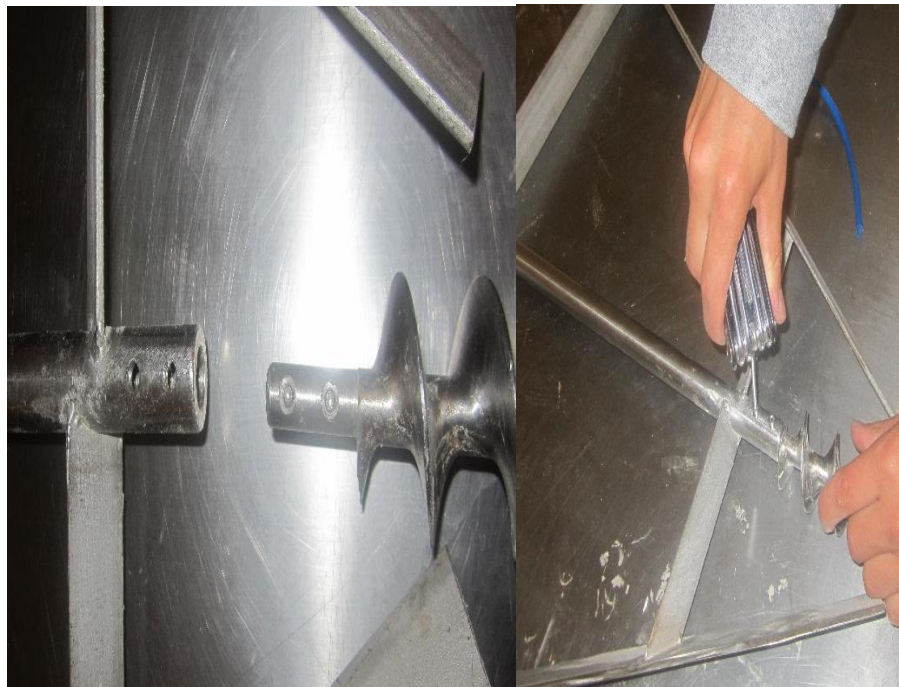


Figura VI.3 Acople tornillo sin fin y mezclador

- 4) Acoplar el eje del mezclador del sistema dosificador al sistema motriz, sujetar los prisioneros
- 5) Alinear el sistema dosificador dentro de la tolva verificando que no exista fricción entre los sistemas involucrados.
- 6) Sujeción de la tapa hacia la tolva cónica, sujetar pernos.
- 7) Acoplar ferrul hacia el tubo dosificar ajustar llaves, verificar que no exista juego entre los componentes.

6.5 PRUEBAS DE LAS CONEXIONES ELÉCTRICAS

Para realizar las pruebas de conexiones eléctricas de todos los sistemas, se debe comprobar las acometidas eléctricas de la planta “UNOPAC”, para 220V AC, para lo cual se utiliza el multímetro, es importante conocer que la fábrica cuenta con una puesta a tierra general para la alimentación de toda la maquinaria disponible.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de la acometida eléctrica, se busca un punto de alimentación cercano al gabinete principal, en el cual se encuentran las protecciones y acometidas de alimentación para los diferentes sistemas implementados.

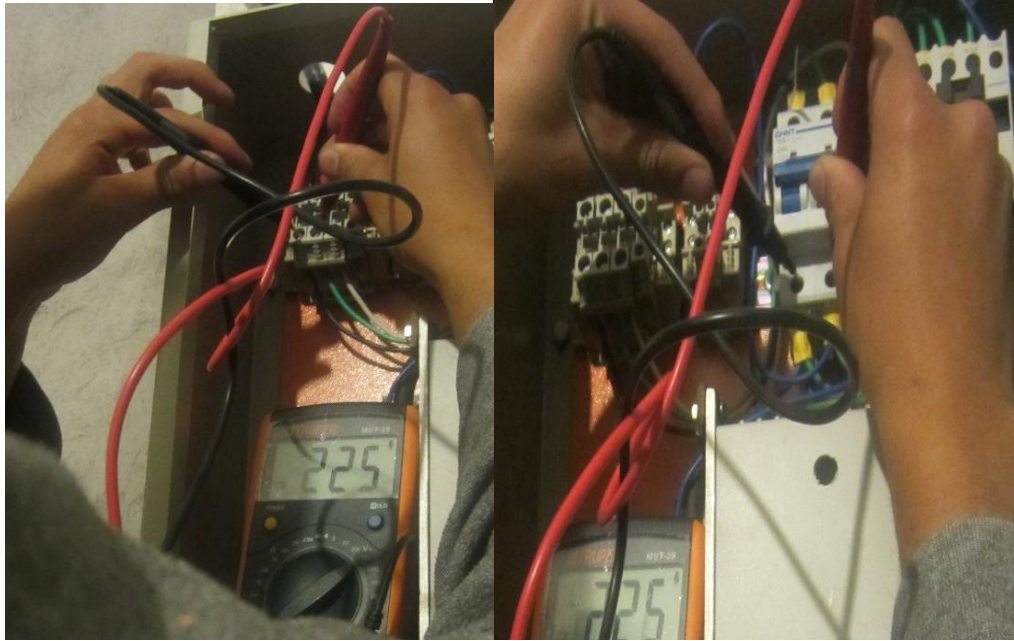


Figura VI.4 Pruebas de las conexiones eléctricas en cada elemento de la caja de control

6.5.1 PRUEBAS AL SISTEMA DOSIFICADOR

El sistema de dosificación vertical se compone de tres dispositivos fundamentales para su funcionamiento:

Tabla VI.3 Componentes del sistema de posicionamiento vertical

Función	Dispositivo
Controlador	Servo driver
Actuador	Servomotor
Visualización	Contador de pulsos

Las primeras pruebas se realizarán al servomotor y al servo-driver, las cuales dan una mejor comprensión de su funcionamiento, manejo del panel de control del servo-driver, configuración de parámetros, etc.; todo esto una vez capacitado al leer el manual del mismo.

Una de las diversas pruebas, se debe a la necesidad de conocer los diferentes modos de funcionamiento del servomotor, para posteriormente seleccionar el modo adecuado para el trabajo que se desea realizar.

Fundamentado con la información pertinente y recomendaciones del fabricante del manual del dispositivo, el fabricante recomienda para pruebas el modo JOG el cual permite variar la velocidad del eje del servo-motor mediante los pulsadores de la pantalla del Servo-Drive.

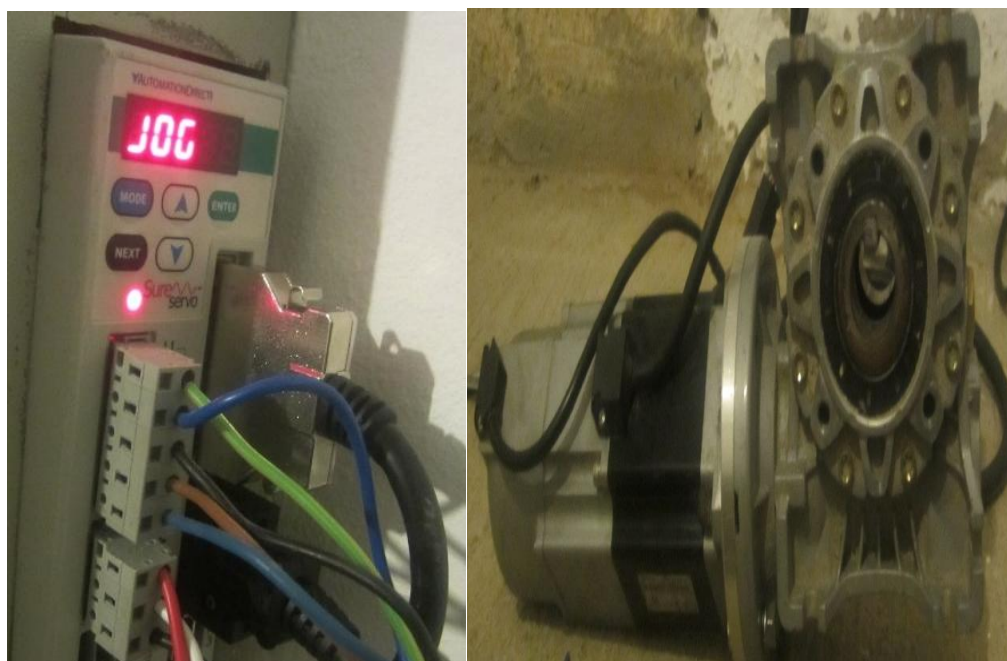


Figura VI.5 Pruebas de compatibilidad del servo motor y servo drive mediante modo JOG

Una vez verificado el funcionamiento y compatibilidad del servomotor y servo-drive se establece todos los parámetros del servo-driver, configurado el contador de pulsos y conectado en el puerto Encoder Output, se realiza las primeras pruebas en la máquina, para lo cual además de los dispositivos mencionados se utiliza los switches que permiten el control del servo-driver conectados al módulo ZIPlink.

6.6 PRUEBAS DE CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS IMPLEMENTADOS

El plan de pruebas consistirá de los siguientes pasos:

- Se introdujo la harina en la tolva en la cantidad establecida.
- Se activó el sistema de dosificación y se sacó muestras de N1, N2 y N3 de 5, 6 y 7 revoluciones respectivamente, se midió la tasa de descarga del silo de mezcla al accionar el movimiento del tornillo helicoidal en sentido anti horario permitiendo la dosificación, para lo cual se tomó 10 medidas del tiempo que demora en descargar una determinada cantidad de producto.
- El mismo procedimiento del ítem anterior se realizó a media carga, donde se observó el comportamiento del producto a medida que la tolva se va descargando.
- Una vez obtenidas las tasas de descarga, se tabularon los valores para verificar y calibrar la dosificación requerida.
- Adicionalmente, se tomaron medidas tanto del voltaje como de la corriente que están utilizando los sistemas mientras están en funcionamiento, con el objetivo de determinar la potencia utilizada por los mismos y comparar con el valor de potencia requerida obtenido en el capítulo IV de diseño del modelo

6.6.1 MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR

Debido a que se acopló un reductor al servo motor el parámetro de revoluciones ingresado en el drive no va ser el mismo del sistema dosificador, por lo que para el ingreso del parámetro de la velocidad en revoluciones se lo obtiene a través de pruebas de ensayo y error tomando datos para diferentes valores de revoluciones ingresados al servo drive por los parámetros establecidos para estos valores.

Se tomó como velocidad para las pruebas 2250 ciclos de revolución ya que esta será la velocidad que deberá entregar el servomotor a la caja reductora para obtener una velocidad de salida de 300 rpm para una dosificación en el tiempo sugerido de 5s.

Tabla VI.4: Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad $N=1000$ rpm

MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR		
REVOLUCIONES (rev)	MASA MEDIDA	TIEMPO DE
Para $N=2250$ ciclos de revolución (Ingresada por parámetros en el servo drive)	(g)	DESCARGA (s)
50	150	3.2
100	297	4.1
150	308	4.9
200	460	5.3
250	530	6.9
300	436	7.5

Se observó que para esta velocidad se obtiene dosificaciones cercanas a las requeridas pero se observó que en el interior de la tolva se crea vacíos y turbulencias debido a las características del producto por lo cual se debe disminuir la velocidad.

La tabla VI.5 se muestra mediciones para una velocidad de 1000 rpm para diferentes revoluciones del eje del motor.

Tabla VI.5: Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad N=1000 rpm

MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR		
REVOLUCIONES (rev)	MASA MEDIDA (g)	TIEMPO DE DESCARGA (s)
Para N=1000 rpm (Ingresada por parámetros en el servo drive)		
100	190	5.3
200	365	7.4
300	380	8.2
400	498	10.1
500	508	12.3
600	512	14.5

De la tabla VI.6 se llegó a la conclusión de que el valor a ingresar en los parámetros del servo drive se encuentra entre 400 y 500 revoluciones para las cuales se obtendrá una dosificación de 450 g de producto. Pese a que con la velocidad de 1000 rpm se obtuvo dosificaciones cercanas a las requeridas, se decidió disminuir la velocidad debido a que con esta velocidad se sigue teniendo el mismo inconveniente dentro de la tolva .

Es así que se realizaron mediciones similares al de la tabla VI.4 pero esta vez para una velocidad de 800 rpm con lo cual el tiempo de dosificado aumentará.

Tabla VI.6 Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad $N=800$ rpm

MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR		
REVOLUCIONES (rev) Para N=800 rpm (Ingresada por parámetros en el servo drive)	MASA MEDIDA (g)	TIEMPO DE DESCARGA (s)
100	380	15
200	415	18
300	470	23
400	513	27
500	524	31
600	560	36

De la tabla VI.6 se llegó a la conclusión de que el valor a ingresar en los parámetros del servo drive se encuentra entre 200 y 300 revoluciones para las cuales se obtendrá una dosificación de 450 g de producto.

Por lo que se procedió a realizar mediciones entre esos rangos para mayor precisión del dosificador como muestra la tabla VI.7.

Tabla VI.7 Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad $N=800$ rpm en el rango de 200 y 270 revoluciones

MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR		
REVOLUCIONES (rev) (Ingresada por parámetros en el servo drive)	MASA MEDIDA (g)	TIEMPO DE DESCARGA (s)
200	418	14.9
210	426	15
220	430	16.3
230	439	16.8
240	444	18
250	448	21.7
260	457	24.5
270	464	26.7

El números de revoluciones que se acercan es 250 y 260 revoluciones, por lo que para obtener una mayor precisión de dosificado se procede a realizar mediciones entre estos rangos como muestra la tabla VI.8.

Tabla VI.8 Mediciones para diferentes revoluciones del servo motor a una velocidad $N=800$ rpm en el rango de 2500 y 260 revoluciones

MEDICIONES PARA DIFERENTES REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR		
REVOLUCIONES (rev) (Ingresada por parámetros en el servo drive)	MASA MEDIDA (g)	TIEMPO DE DESCARGA (s)
250	449	21.3
251	451	21.9
252	451	22
253	453	22.5
254	456	22.6
255	457	22.8
256	457	22.8
257	461	23.1

Se concluye que el parámetro a ingresar para la posición en revoluciones es de 250 rev pues es el valor que más se acerca al parámetro de dosificación requerido.

6.6.2 MEDICIONES PARA UN MISMO VALOR DE REVOLUCIONES DEL SERVO MOTOR

Con el fin de conocer la precisión que tiene el dosificador, obteniendo el error al momento de la dosificación se procede a realizar diferentes medidas para una velocidad constante del servo drive de 800 rpm para 250 rev como muestra la tabla VI.9.

Tabla VI.9 Mediciones de dosificación para velocidad constante de 800 rpm y 250 revoluciones

MEDICIONES PARA REVOLUCION CONSTANTE DEL SERVO MOTOR				
MUESTRA	MASA MEDIDA (g)	TIEMPO DE DESCARGA (s)	$\sum_{k=0}^n (x_k - \bar{x})^2$	ERROR %
1	450	20,6	0,04	0
2	447	21,2	7,84	0,7
3	446	20,9	14,44	0,9
4	450	21,2	0,04	0
5	452	20,3	4,84	0,4
6	447	20	0,64	0,2
7	453	22,2	10,24	0,7
8	449	20	0,64	0,2
9	450	20,2	0,04	0
10	454	21,8	17,64	0,9
TOTAL	4498	208,4	56,4	

Con los datos obtenidos en la tabla VI.9 se podrá se obtener la media aritmética, dato que indica el peso promedio de fundas elaboradas.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=0}^n x_k}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{4498}{10} = 449,8 \text{ g}$$

Como se observa el valor promedio del peso es de 449,8 g el cual es un valor aceptable.

Para tener una visión más acertada sobre la cantidad de dosificación se debe calcular la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^n (x_k - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{56.4}{9}} = \pm 2,5 \text{ g}$$

Además del peso, unos de los parámetros para la dosificación es el tiempo, es así que se procederá a sacar la media aritmética de los tiempos obtenidos para cada muestra.

$$\bar{t} = \frac{\sum_{k=0}^n t_k}{n}$$

$$\bar{t} = \frac{208,4}{10} = 20,8 \text{ s}$$

Con los datos obtenidos se concluye que el promedio del peso por funda es de 449,8 g con una tendencia a subir y bajar de 2,5 g en un tiempo de dosificado promedio de 20,8 s.

De lo anterior se observa que el dosificador por tornillo sin fin entra en un rango aceptable de dosificación planteado al inicio del presente proyecto, el cual es de una dosificación de 450 g con error de ± 1 , debido a las características del producto y puesto que se acopló un reductor, se debió reducir la velocidad teórica para el giro del sistema dosificador con un tiempo de dosificado será mayor al planteado $t = 20,8 \text{ s}$,

tiempo el cual cumple con los objetivos planteados de reducir el tiempo actual de dosificación.

CAPÍTULO VII

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

7.1 INTRODUCCIÓN

El diseño del dosificador semiautomático está basado en la experiencia de equipos similares en diferentes partes del mundo adaptado a dosificar Uchu Jacu, resaltando la precisión en la dosificación con una fácil operación y fácil limpieza y mantenimiento.

7.2 MECANISMO

El mecanismo para este dosificador comprende los principios de un tornillo helicoidal al cual se le ha acoplado un sistema motriz para realizar la dosificación vertical del producto. Referirse a la imagen.

7.3 CHEQUEOS Y PROCEDIMIENTOS ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

Con el fin de preservar tanto la seguridad como la integridad del operador y del equipo, Se deben chequear los sistemas mecánico y eléctrico antes de la puesta en marcha del equipo.

7.3.1 PUNTOS DE CHEQUEO

1. Verificar que la fuente de corriente eléctrica es de 220 V. Incluyendo una sólida conexión a tierra.

2. Chequear que el sistema dosificador y motriz de la maquina esten ajustados adecuadamente.

3. Verificar que los pernos sujetadores de las uniones entre tapa y tolva estén ajustadas

4. Observar que el sistema dosificador este alineado correctamente dentro de la tolva verificando que no existe fricción entre componentes.

5. Verificar que la abrazadera entre la tolva y el tubo dosificador se encuentre ajustado.

7.3.2 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

1. Conectar el cable de control y potencia entre el servo drive y sistema motriz del dosificador.

2. Activar el sistema de potencia activando el Breaker en la caja de control.

3. Encienda el interruptor y el piloto se encenderá

6. Verifique en el *display* del servo drive que se encuentre en modo RUM.

7. Presione el pedal para verificar el funcionamiento

7.4 AJUSTE DE LA CAPACIDAD DE LLENADO

El ajuste en la capacidad se rige al peso del producto en gr y a sus características extrínsecas. Los parámetros controlados para este proceso son número de vueltas del tornillo helicoidal y potencia del sistema motriz del dosificador.

Nota: Los parámetros están ingresados exclusivamente para dosificar 450 g de Uchu Jacu. El operario no podrá cambiar dichos parámetros.

7.5 AJUSTE DE LA VELOCIDAD DE LLENADO

La velocidad de llenado dependerá de la capacidad a la que se encuentre la tolva y/o humedad del producto a dosificar.

Nota: Los parámetros están ingresados exclusivamente para dosificar 450 g de Uchu Jacu. El operario no podrá cambiar dichos parámetros.

7.6 MANTENIMIENTO

Se debe realizar la limpieza de la maquina después de cada parada, retirando los residuos e impurezas; se recomienda el uso de agua tibia y detergente.

Además se deberá realizar un desensamble periódico de las piezas que se encuentren en contacto con el producto, para la limpieza y ajuste de las mismas.

7.6.1 PRECAUCIÓN:

Asegúrese de que antes de iniciar cualquier desensamble del equipo, la corriente eléctrica está interrumpida.

No utilice solventes como gasolina, thinner, benzeno o gases corrosivos para la limpieza del equipo.

Una vez se ha completada la limpieza, inicie el proceso de armado con las partes totalmente secas.

7.7 SOLUCIONADOR DE DIFICULTADES

DIFICULTAD	METODO DE SOLUCION
<p>El sistema dosificador no se mueve</p>	<p>Verificar que el servo drive se encuentre energizado.</p> <p>Observar que los cables de conexión entre el servo drive y servo motor se encuentren correctamente conectados, en caso de que estén conectados correctamente comprobar continuidad.</p> <p>Chequear que todos los elementos del sistema dosificador se encuentren correctamente acoplados (servo motor, reductor, mezclador, tornillo helicoidal).</p> <p>Observa que dentro de la tolva no se encuentren objetos extraños al producto.</p> <p>Verificar que el sistema dosificador se encuentre alineado correctamente dentro de la tolva.</p>

DIFICULTAD	METODO DE SOLUCION
<p>La dosificación es imprecisa</p>	<p>Verificar que en el tubo dosificador no se encuentren objetos que interrumpa el dosificado.</p> <p>Observe que la harina no se encuentre con una humedad mayor a la establecida para el producto.</p> <p>Verifique el nivel de producto en la tolva.</p> <p>Observe que en el producto no se encuentre burbujas ni grumos.</p>
<p>El producto se escapa en la parte superior de la tolva</p>	<p>Verifique el correcto ensamble de la Tapa</p> <p>Verifique que no hay obstrucción en el tubo dosificador.</p>

Nota: En caso que no se solucione los problemas o se presente otros a los descritos, llamar a un técnico capacitado para verificar y/o resetear el drive para cargar los parámetros nuevamente.

7.8 PRODUCTOS A DOSIFICAR

La máquina es exclusiva para dosificar Uchu jacu pero puede ser adaptable a otra harinas con similares características-

CONCLUSIONES

- Luego de haber analizado cuidadosamente cada opción de los diferentes sistemas dosificadores, se determinó que un sistema de dosificación de tornillo helicoidal vertical, es el más idóneo para el proceso.
- Se utilizó acero inoxidable AISI 304 para cada componente de la máquina, material que cumple con los requerimientos de resistencia para las fuerzas aplicadas al sistema, además de satisfacer las normas alimentarias al ser un material de uso sanitario.
- La simulación de las piezas se realizó en Solid Works 2014 el cual permitió corroborar los resultados obtenidos en el diseño convencional de los componentes principales del dosificador, dando viabilidad al diseño y construcción,
- Mediante las pruebas realizadas se pudo corregir errores o falencias presentadas en la máquina dosificadora, hasta alcanzar una dosificación con porcentaje de error de $\pm 1\%$ requerido.
- El tornillo sin fin utilizado se ajustó a los requerimientos del dosificador y a las características físicas de la harina de Uchu Jacu, incurriendo directamente en el costo del dosificador, frente a un tornillo sin fin diseñado exclusivamente para harina de Uchu Jacu, debido a la dificultad y utilización de maquinaria especializada para su construcción.
- El tiempo de dosificación planteado no se logró alcanzar, debido a la implementación de un moto reductor, pese a esto el tiempo promedio de dosificación cumple con el objetivo de reducir el tiempo de dosificación actual que se lo realiza de forma manual.
- Después de haber realizado las pruebas correspondientes al funcionamiento de la máquina dosificadora, se realizó el manual de usuario y mantenimiento, para su correcto funcionamiento y garantizando una larga vida útil del dosificador.

RECOMENDACIONES

- Realizar el mantenimiento de la máquina dosificadora por tornillo sin fin en los tiempos establecidos en el manual de usuario para evitar desperfectos mayores a largo plazo.
- Se recomienda leer el manual de usuario antes de operar la máquina dosificadora para evitar accidentes y contratiempos.
- En caso de cualquier desperfecto en la máquina dosificadora por tornillo sin fin se recomienda buscar asistencia técnica capacitada.
- Es recomendable verificar todas las conexiones durante y después de cada prueba que se le realice a la máquina, además de revisar a fondo los manuales de cada componente de la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

- Budinas R., N. J. (2008). *Diseño en ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Carlosama, R. (2013). *Máquina vibradora para fabricar postes de hormigón armado para alambrado perimetral*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica.
- CENDI, C. N. (2012). *iminox*. Obtenido de <http://www.iminox.org.mx/pdf/manual1.pdf>
- Erazo, p. V. (2011). *Diseño y construcción de una mezcladora industrial para la elaboración de vino de frutas con capacidad de 2000 litros*. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Faires, V. M. (2001). *Diseño de Elementos de Máquinas*.
- Goodfellow. (2013). *Aceros Inoxidables*. disponible en < <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html> >.
- IBARRA, M., NÚÑEZ, E., & HUERTA, J. (s.f.). *INDURA*. Obtenido de http://www.indura.cl/_file/file_1774_manualdeacerosinoxidables%20indura.pdf
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
- Optibelt. (2012). *Manual Técnico Industrial*. Obtenido de <http://www.lacasadelascorreas.com.uy/pdf/atecnica/manual%20tecnico%20industrial.pdf>
- Perry, R. H. (1994). *Manual del Ingeniero Químico*. México: Mc. Graw-. Hill.
- PINTO, C. y. (2006). Diseño, modelamiento y simulación de maquina dosificadora de alimento granulado para animales. *Trabajo de grado (Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica)*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad de la Salle.

Páginas web:

Coperion K-Tron, (2014), Empresa fabricante de dosificadores, página disponible en: <http://www.ktron.es/App/User/Login/?goTo=/App/Products/DisplayProduct.cfm?productid=533&CFID=7772432&CFTOKEN=43808681>.

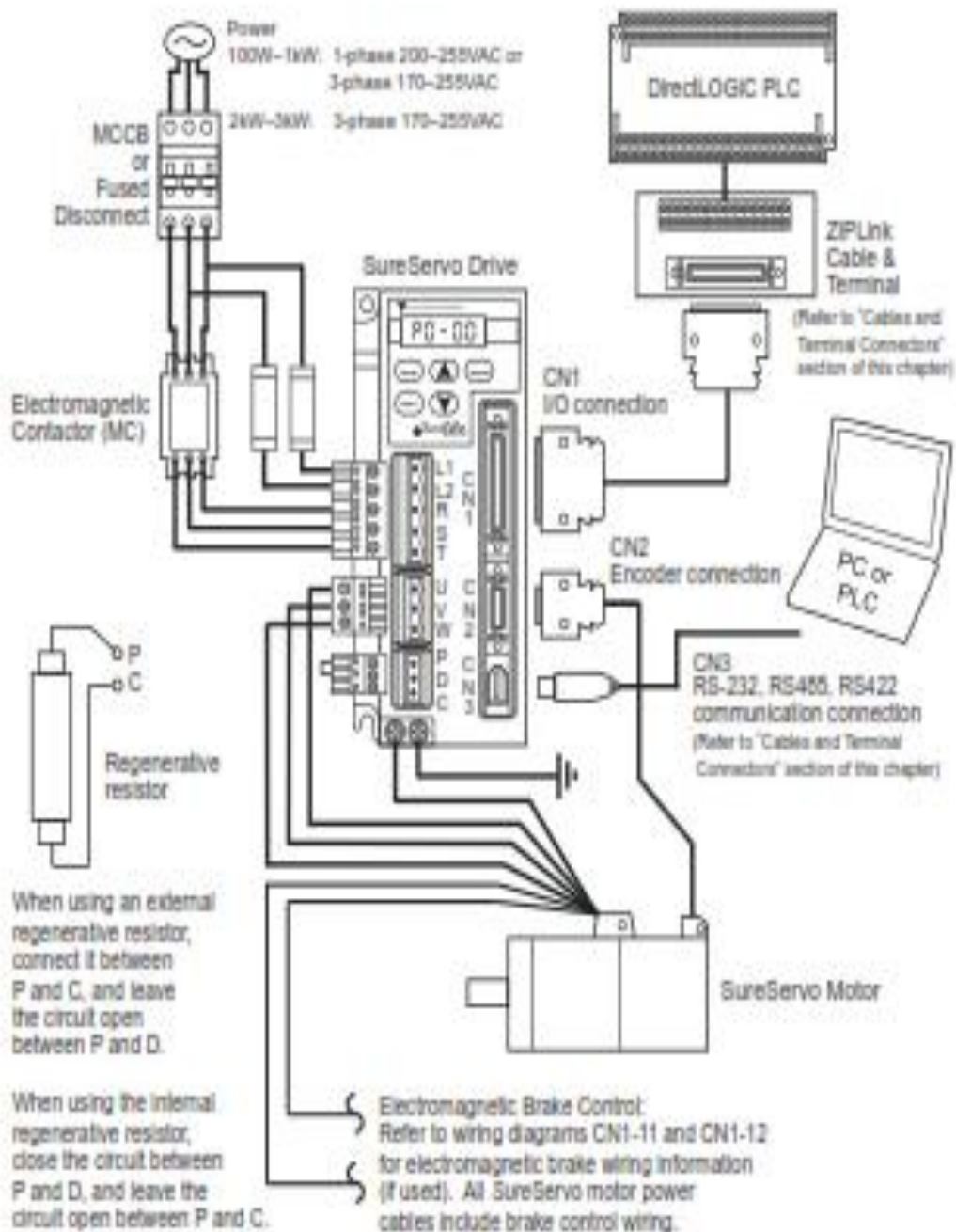
ANEXOS

ANEXO I: PLANOS

ANEXO II: PLANO ELÉCTRICO Y DE CONTROL

ANEXO III: DIAGRAMA DE CONEXIONES SERVO DRIVE SVL-2100

Connecting to Peripheral Devices

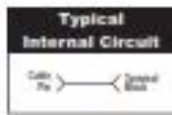


ANEXO IV: INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN DEL MÓDULO DE ENTADAS ANALÓGICAS ZL-RBT50

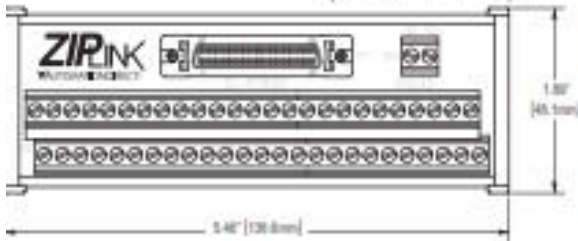


CAUTION: All unmarked terminals should be left unconnected (no connection). The unmarked terminals are used internally by the servo drive and connecting externally could cause damage to the servo drive.

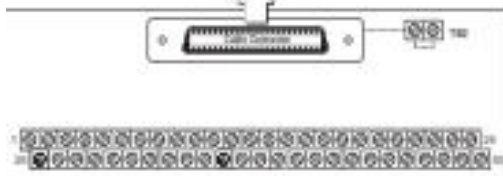
Go to <http://www.automationdirect.com/sureservomaterial.html> to download the complete Servo drive information.



Note: ZL-RBT50 pins are straight through from pin to terminal. For example, Connector Pin 1 = Terminal 1, Connector Pin 2 = Terminal 2, etc.



To SureServe drive CN1 Connector. Use ZL-SVC-CBL-93 (-1, -2) cable.



NOTE: T52 is internally connected to the shield drain wire and should be held connected to earth ground.

ZL-RBT50 T81 Pins		
Pin Number	Terminal ID	Description
1	DO0+	Digital Output
2	DO0-	Digital Output
3	DO0+	Digital Output
4	DO0-	Digital Output
5	DO0+	Digital Output
6	DO0-	Digital Output
7	DO1+	Digital Output
8	DO1-	Digital Output
9	DI1-	Digital Input
10	DI1-	Digital Input
11	COM+	Power Common DI & DO
12	GND	Power VCC Ground A
13	GND	Power VCC Ground B
14	NC	No Connection
15	MON2	Analog Monitor Output 2
16	MON1	Analog Monitor Output 1
17	VCC	Power VCC Source
18	T_REF	Analog Temp Input
19	GND	Power VCC Ground B
20	VCC	Power VCC Source
21	OA	Position Pulse A Output
22	OB	Position Pulse B Output
23	OC	Position Pulse C Output
24	OD	Position Pulse D Output
25	OE	Position Pulse E Output
26	DO4-	Digital Output
27	DO4+	Digital Output
28	DO5-	Digital Output
29	NC	No Connection
30	DI6-	Digital Input
31	DI7-	Digital Input
32	DI8-	Digital Input
33	DI9-	Digital Input
34	DI10-	Digital Input
35	PULL HI	Position Pulse Input
36	OGN	Position Pulse Input
37	SGN	Position Pulse Input
38	NC	No Connection
39	NC	No Connection
40	ICND	No Connection
41	PULSE	Position Pulse Input
42	V_REF	Analog Velocity Input
43	PULSE	Position Pulse Input
44	GND	Power VCC Ground B
45	COM+	Power VCC Ground DI & DO
46	NC	No Connection
47	COM+	Power VCC Ground DI & DO
48	NC	No Connection
49	COM+	Power VCC Ground DI & DO
50	OC	Position Pulse J Output

ANEXO V: TABLA DE FÉRRULAS CLAMP GRADO ALIMENTICIO FARMACÉUTICO

Ferrulas Clamp Sanitarias Grado Alimenticio Farmacéutico

14 WMP

FÉRRULA CORTA CLAMP 1" - 10"

FÉRRULA CORTA P/SOLDAR

largo de caño 1/2"

FÉRRULA CORTA MINICLAMP EN 1/2" Y 3/4"

TAMANO PULGADAS	A MM.	B MM.	P MM.
1/2"	12.7	9.4	25
3/4"	12.7	15.75	25
1"	12.7	22.1	30.3
1 1/2"	12.7	34.8	30.3
2"	12.7	47.5	64
2 1/2"	12.7	60.2	77.5
3"	12.7	72.9	91
4"	15.8	92.4	119
6"	21.5	147.0	167

14 AMP

FÉRRULA LARGA PARA MAQUINA ORBITAL

largo de caño 1 1/8"

FÉRRULA LARGA CLAMP 1" - 6"

LA LARGA LAMP EN 1/2" Y 3/4"

FÉRRULA LARGA

TAMANO PULGADAS	A PULGADA	B MM.	P MM.
1/2"	1 1/8"	9.4	25
3/4"	1 1/8"	15.75	25
1"	1 1/8"	22.1	30.3
1 1/2"	1 1/8"	34.8	30.3
2"	1 1/8"	47.5	64
2 1/2"	1 1/8"	60.2	77.5
3"	1 1/8"	72.9	91
4"	1 1/8"	92.4	119
6"	1 1/8"	147.0	167

14 RMP

FÉRRULA PARA ROLAR O EXPANDER

TAMANO PULGADAS	A PULGADA	B MM.	P MM.
1"	1 1/8"	22.1	25.4
1 1/2"	1 1/8"	34.8	30.3
2"	1 1/8"	47.5	64.0
2 1/2"	1 1/8"	60.2	77.5
3"	1 1/8"	72.9	91.0
4"	1 1/8"	92.4	119.0
6"	1 1/8"	147.0	167.0

14 MPW

FÉRRULA GRUESA PARA SOLDAR A TANQUE

TAMANO PULGADAS	A PULGADAS	B PULGADAS	C PULGADAS	P MM.
1"	1 1/4"	.870	1.160	25.4
1 1/2"	1 1/4"	1.370	1.670	50.8
2"	1 1/4"	1.870	2.182	64.0
2 1/2"	1 1/4"	2.370	2.708	77.5
3"	1 1/4"	2.870	3.224	91.0
4"	2 1/4"	3.834	4.258	119.0
6"	2 1/4"	5.834	6.258	167.0

ASME BPE SF1

FÉRRULA ASME BPE FARMACÉUTICA ALTA PUREZA PARA TUBING BPE

TAMANO PULGADAS	A MM.	B MM.	C MM.
1/2"	44.5	25.4	12.7
3/4"	44.5	25.4	16.1
1"	44.5	30.5	25.4
1 1/2"	44.5	50.5	38.1
2"	57.2	64.0	50.8
2 1/2"	57.2	77.5	63.5
3"	57.2	91.0	76.2
4"	57.2	119.0	101.6

ANEXO VI: TABLA DE ABRAZADERAS TIPO CLAMP PARA FÉRRULAS

Abrazaderas Clamp Para Férrulas, Tapones Sanitarios Y Empaques

13 MHH

ABRAZADERA AJUSTABLE REFORZADA



	C
1/2" y 3/4"	15" / 16"
1"	1 3/8"
1 1/2"	2 3/4"
2"	3 1/2"
2 1/2"	3 1/2"
3"	3 3/4"
4"	4 1/2"
6"	7 1/2"

40MPU-N

EMPAQUE CLAMP DE NEOPRENO "NBR" O BUNA GRADO AUMENTICIO COLOR NEGRO PARA FÉRRULAS Y TAPONES CLAMP



40 MPU-S

EMPAQUE CLAMP SILICÓN TRANSLÚCIDO



40 MPUT

EMPAQUE CLAMP DE TEFLÓN SÓLIDO COLOR BLANCO



16 AMP

TAPON CLAMP O FÉRRULA CIEGA CLAMP



TAMAÑO PULGADAS	G PULGADAS	F MM.
1/2 y 3/4"	1/4"	25.4
1" y 1 1/2"	1/4"	50.5
2"	1/4"	64.0
2 1/2"	1/4"	77.5
3"	1/4"	91.0
4"	1/4"	119.0
6"	1/4"	167.0

ANEXO VII: DIÁMETROS PARA ROSCAS ACME

El ANEXO VII contiene las combinaciones preferidas del diámetro básico mayor, D y número de roscas por pulgada, n , para roscas ACME. El Paso, p , es la distancia de un punto en una rosca al punto correspondiente en la rosca adyacente, siendo


$$p = \frac{1}{n}$$

Diámetro mayor nominal, D (pulg)	Roscas por pulg., n	Paso, $p = 1/n$ (pulg)	Diámetro menor mínimo, D_r (pulg)	Diámetro mínimo de paso, D_p (pulg)	Área al esfuerzo de tensión, A_r (pulg ²)	Área al esfuerzo cortante, A_s (pulg ²) ^a
1/4	16	0.0625	0.1618	0.2043	0.026 32	0.3355
5/16	14	0.0714	0.2140	0.2614	0.044 38	0.4344
3/8	12	0.0833	0.2632	0.3161	0.065 89	0.5276
7/16	12	0.0833	0.3253	0.3783	0.097 20	0.6396
1/2	10	0.1000	0.3594	0.4306	0.1225	0.7278
5/8	8	0.1250	0.4570	0.5408	0.1955	0.9180
3/4	6	0.1667	0.5371	0.6424	0.2732	1.084
7/8	6	0.1667	0.6615	0.7663	0.4003	1.313
1	5	0.2000	0.7509	0.8726	0.5175	1.493
1 1/8	5	0.2000	0.8753	0.9967	0.6881	1.722
1 1/4	5	0.2000	0.9998	1.1210	0.8831	1.952
1 3/8	4	0.2500	1.0719	1.2188	1.030	2.110
1 1/2	4	0.2500	1.1965	1.3429	1.266	2.341
1 3/4	4	0.2500	1.4456	1.5916	1.811	2.803
2	4	0.2500	1.6948	1.8402	2.454	3.262
2 1/4	3	0.3333	1.8572	2.0450	2.982	3.610
2 1/2	3	0.3333	2.1065	2.2939	3.802	4.075
2 3/4	3	0.3333	2.3558	2.5427	4.711	4.538
3	2	0.5000	2.4326	2.7044	5.181	4.757
3 1/2	2	0.5000	2.9314	3.2026	7.388	5.700
4	2	0.5000	3.4302	3.7008	9.985	6.640
4 1/2	2	0.5000	3.9291	4.1991	12.972	7.577
5	2	0.5000	4.4281	4.6973	16.351	8.511

Diámetros para roscas ACME, Diseño de Elementos de Máquinas (Mott, 2006)

ANEXO VIII: TABLAS SELECCIÓN TUBO ESTRUCTURAL PARA CADENA TRANSPORTADORA.

CUADRADO




DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

- Norma:** ASTM A-500
- Recubrimiento:** Negro o galvanizado
- Largo normal:** 6,00m
- Otros largos:** Previa Consulta
- Dimensiones:** Desde 20,00mm a 100,00mm
- Espesor:** Desde 2,00mm a 3,00mm



DIMENSIONES		AREA		EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,80	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,05	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,51	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,81	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,95	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

