



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE  
“DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE” PARA LA PLANTA DE  
HARINA FOODCORP CHILE S.A.**

Seminario de Título presentado en conformidad a los  
requisitos para obtener el título de Ingeniero de  
Ejecución en electrónica.

**Profesor Guía:  
Sr. Juan Antipíl.  
Sr. John Correa T.**

**PABLO MARTINEZ NEIRA**

**JAIME PADILLA LÓPEZ**

## Contenido

Introducción .....	8
Objetivo general del seminario .....	9
Objetivos específicos .....	9
Capítulo 1: Descripción de la Empresa .....	10
1.1 Reseña de la empresa.....	10
1.2 Ubicación.....	11
1.3 Visión .....	11
1.4 Misión .....	11
Capítulo 2: Proceso Productivo.....	12
2.1 Descripción general del proceso productivo de la harina de pescado.....	12
2.2 Etapas del proceso productivo .....	12
2.2.1 Recepción y almacenado de materia prima.....	12
2.2.2 Etapa de Cocción.....	13
2.2.3 Pre-Straining .....	13
2.2.4 Etapa de Prensado .....	13
2.2.5 Separación del licor de prensa.....	14
2.2.6 Etapa de Centrifugación .....	14
2.2.7 Etapa de Evaporación.....	14
2.2.8 Etapa de Secado Primario .....	14

	2
2.2.9 Etapa de Secado Secundario .....	15
2.2.10 Etapa de Molienda.....	15
2.2.11 Etapa de dosificación de Antioxidante.....	15
Capítulo 3: Proceso Actual de Dosificado de Antioxidante.....	16
3.1 Descripción del proceso de dosificado.....	17
3.2 Identificación y análisis del problema.....	18
3.2.1 Causa del problema .....	19
3.2.2 Efectos .....	19
3.3 El Algoritmo para la dosificación de antioxidante.....	20
3.4 Ejemplo del uso del algoritmo: .....	21
3.5 Control de Temperatura .....	22
3.5.1 Instrumentos del control de temperatura.....	22
3.6 Control Bomba dosificadora .....	25
3.6.1 Instrumentos del control de la Bomba .....	26
3.7 Transportadores de Tornillo sin fin.....	29
3.8 Aire Comprimido .....	30
3.8.1 Red de aire abierta.....	30
Capítulo 4: Propuestas al problema.....	31
4.1 Sistema de Básculas de Pesaje Continuo .....	32
4.1.1 Partes del Sistema de pesaje.....	34

	3
4.1.2 Funcionamiento.....	35
4.1.3 Instrumentación de la tolva báscula .....	35
4.1.4 Programación Ladder .....	50
4.2 Caudalímetro de Sólidos .....	53
4.2.1 Principio de funcionamiento del caudalímetro .....	53
4.2.2 Instrumentación del caudalímetro de sólidos .....	55
4.3 Tornillo Sinfín de pesaje .....	59
4.3.1 Conversión de un tornillo transportador sinfín a un tornillo de pesaje .....	61
4.3.2 Instrumentación del tornillo de pesaje .....	63
4.3.3 Conexionado .....	67
4.3.4 Instalación y configuración .....	69
4.3.5 Configuración Variador de Frecuencia .....	74
4.4 Análisis y conclusión del Capítulo.....	78
Conclusión.....	80
Bibliografía .....	81
Anexos.....	84
Anexo 1: P&ID del Proceso de dosificación de Antioxidante.....	84
Anexo 2: P&ID Propuesta Tolva de pesaje Continuo.....	85
Anexo 3: Caudal Bomba Dosificadora .....	86
Anexo 4: Formulario de construcción para tolva pesadora.....	87

Anexo 5. Formulario de cotización para válvula de guillotina .....	88
Anexo 6. Cotización de Instrumentación Tolva de pesaje Continuo .....	89
Anexo 7. Datasheet n°1 Celda de carga .....	90
Anexo 8. Datasheet n°2 Módulo de pesaje .....	91
Anexo 9. Datasheet n° 3 Válvula de guillotina .....	92
Anexo 10. Diagrama Lazo n°1, Tornillo pesador .....	93
Anexo 11. Diagrama Lazo n°2, Tornillo pesador .....	94
Anexo 12. Cotización de Instrumentación Tornillo de Pesaje .....	95
Anexo 13. Datasheet n° 4 Celda de carga .....	96
Anexo 14. Datasheet n° 5 Encoder Incremental .....	97
Anexo 15. Datasheet n° 6 Integrador .....	98
Anexo 16. Datasheet n° 7 Placa Base .....	99
Anexo 17. Datasheet n° 8 Caja de conexiones.....	100
Anexo 18. Dimensiones Válvula Roller Gate .....	101
Anexo 19. Cuestionario de adquisición caudalímetro para sólidos. ....	102

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Diagrama del proceso de dosificación de antioxidante. ....	16
<b>Figura 2.</b> Estanque de Antioxidante con control de temperatura .....	17
<b>Figura 3.</b> Transporte de la harina mediante tornillos .....	17
<b>Figura 4.</b> Controlador de Temperatura.....	18
<b>Figura 5.</b> Pulverizador con aire .....	18
<b>Figura 6.</b> Proceso de Dosificación de Antioxidante.....	19
<b>Figura 7.</b> Lazo de Control Temperatura, estanque y panel de control. ....	22
<b>Figura 8.</b> Conexiones eléctricas controlador Novus n2000. ....	23
<b>Figura 9.</b> Controlador N2000 .....	24
<b>Figura 10.</b> Estanque de etoxiquina con una PT100.....	24
<b>Figura 11.</b> Calefactores de Inmersión .....	25
<b>Figura 12.</b> Bomba de engranajes marca Zenith con su respectivo controlador de velocidad. 26	
<b>Figura 13.</b> Variador de Frecuencia Danfoss VLT 5003. Fuente. Catálogo Danfoss (2012)....	27
<b>Figura 14.</b> Atomizador de Aire (a la izquierda), Esquema simplificado de uso (derecha). Fuente .Catálogo Spraying Systems Co. (2015) .....	28
<b>Figura 15.</b> Transportador tornillo sin fin.....	29
<b>Figura 16.</b> Esquema de una red de aire comprimido abierta.....	30
<b>Figura 17.</b> Ejemplo de sistema de pesaje compuesto por dos tolvas .....	33
<b>Figura 18.</b> Esquema de sistema de pesaje continuo. ....	34
<b>Figura 19.</b> Diseño tolva piramidal.....	38
<b>Figura 20.</b> Esquema de funcionamiento de una celda de carga. ....	40

<b>Figura 21.</b> Diagrama de conexionado para Celda de 4 hilos. Fuente. LogicBus electrónica..	41
<b>Figura 22.</b> Celda de Carga Tipo S de Tracción. Fuente. Laumas Electrónica. ....	42
<b>Figura 23.</b> Celda de Carga Modelo Siemens WL 250. Fuente. Catálogo SIEMENS. ....	42
<b>Figura 24.</b> Diagrama de conexión de 4 celdas de carga. Fuente. Catálogo Siemens .....	43
<b>Figura 25.</b> Caja de conexión SIWAREX JB. Fuente. Catálogo Siemens. ....	43
<b>Figura 26.</b> Módulo de pesaje SIWAREX WP321. Fuente. Catálogo Siemens.....	44
<b>Figura 27.</b> Válvula "Roller Gate", con actuador neumático. Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).....	46
<b>Figura 28.</b> Rodillos ajustables. Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).....	47
<b>Figura 29.</b> Sellos Bonnet .Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).....	47
<b>Figura 30.</b> Solenoide. Fuente. Catalogo Quantum series, (2015). ....	49
<b>Figura 31.</b> Caudalímetro, detalle placa sensora. ....	54
<b>Figura 32.</b> Modo de operación. ....	54
<b>Figura 33.</b> Caudalímetro para solidos .....	55
<b>Figura 34.</b> Integrador Módulo de pesaje SIWAREX FTC.....	58
<b>Figura 35.</b> Diagrama Tronillo sin fin de pesaje continuo .....	60
<b>Figura 36.</b> Tronillo transportador de la planta .....	60
<b>Figura 37.</b> Pitch y diámetro de un tornillo sinfín .....	61
<b>Figura 38.</b> Celda de carga con su módulo de montaje más silentblock. ....	64
<b>Figura 39.</b> Ejemplo de uso de celdas de carga en un transportador de tornillo.....	64
<b>Figura 40.</b> Encoder óptico.....	65
<b>Figura 41.</b> Diagrama de pines para la caja de conexiones. ....	66
<b>Figura 42.</b> Integrador Siemens BW500.....	66

<b>Figura 43.</b> Diagrama de conexiones de celdas de carga y entrada del integrador BW500. ....	67
<b>Figura 44.</b> Diagrama de conexiones para la entrada de un sensor de velocidad. ....	68
<b>Figura 45.</b> Diagrama de conexiones para la salida análoga. ....	68
<b>Figura 46.</b> Esquema de un tornillo transportador con 4 celdas de carga. ....	69
<b>Figura 47.</b> Botonera del integrador BW500 con sus .....	70
<b>Figura 48.</b> Conexionado entrada análoga para el variador de frecuencia. ....	74
<b>Figura 49.</b> Panel de control .....	75
<b>Figura 50.</b> Display del variador de frecuencia. ....	75

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Ejemplo de registro de datos. ....	21
<b>Tabla 2.</b> Muestreo de la bomba dosificadora .....	21
<b>Tabla 3.</b> Parámetros del Variador de Frecuencia Danfoss. ....	76
<b>Tabla 4.</b> Diseño tolva. ....	87
<b>Tabla 5.</b> Cotización válvula.....	88
<b>Tabla 6.</b> Estimación de gastos <b>Tolva de pesaje Continuo</b> .....	89
<b>Tabla 7.</b> Estimación de gastos <b>Tornillo de Pesaje</b> . ....	95



## **Introducción**

El presente informe de seminario de titulación desarrolla la investigación de métodos para mejorar la eficiencia del sistema de suministro de antioxidante en el proceso de producción de harina de pescado, en la empresa Foodcorp Chile S.A.

La harina de pescado es un producto que se obtiene por el procesamiento del pescado, principalmente de especies como la anchoveta y la sardina. El propósito del proceso es separar la parte sólida del aceite y el agua. En forma resumida los principales pasos del proceso son la cocción de la materia prima para liberar el agua y el aceite, luego la separación mediante el prensado que proporciona licor de prensa (agua y aceite) y la torta de prensa (harina sólida), el material sólido es secado, molido y posteriormente es almacenado en sacos.

Las grasas de la harina de pescado se estabilizan mediante la adición de antioxidantes posterior a su fabricación y previo almacenaje. Los antioxidantes son compuestos químicos que retardan la auto oxidación, los cuales si no se agregan, el producto puede perder su valor nutritivo, así como también producir olores y sabores desagradables. El antioxidante utilizado en la industria pesquera es la etoxiquina líquida y agregándose un mínimo de 300 ppm al producto.

Se necesita un control muy cuidadoso en la cantidad de antioxidante que se agrega a la harina, al igual que una dispersión uniforme, por tal razón, el antioxidante se agrega en el transportador de tornillo, de manera que se pueda mezclar mientras se transporta. Para la dosificación de etoxiquina es requerido un control automático adecuado que asegure su correcta adición y mezcla. El sistema de dosificación de la pesquera Foodcorp que actualmente está en uso, es un control de lazo abierto en donde el operador tiene la función de cambiar de manera manual mediante un controlador la cantidad de antioxidante dosificado dependiendo del caudal de harina transportada. Como la cantidad de caudal solo es asumida por inspección visual, hace de este

método poco efectivo y riesgoso toda vez que la cantidad de producto suministrado sea inferior al valor mínimo indicado.

Por tal motivo, la implementación de un sistema de control automático tiene como ventaja la confiabilidad de que la calidad del producto no se verá perjudicada por oxidación, así como la reducción de costos durante el proceso de dosificación, al suministrar de forma precisa los compuestos, además la reducción de mano de obra y el control en tiempo real de la producción, al tener como dato duro la cantidad de caudal transportado. Todo esto sin alterar la producción continua en la industria.

### **Objetivo general del seminario**

Investigación de un método factible, que permita automatizar la etapa de dosificación del antioxidante utilizado en el proceso de producción de harina de pescado, para la planta de harina Foodcorp Chile S.A., mejorando la eficiencia y confiabilidad de este proceso en comparación al método empleado actualmente.

### **Objetivos específicos**

- Investigación y planificación del proyecto.
- Hacer un estudio de los equipos necesarios para la implementación.
- Factibilidad económica para llevarlo a cabo.

## **Capítulo 1: Descripción de la Empresa**

En este capítulo se describe una reseña de la empresa donde se realiza el seminario de titulación, su ubicación y los objetivos que comprometen a la empresa en el rubro pesquero.

### **1.1 Reseña de la empresa**

**FoodCorp S.A.** es una empresa con una gran tradición en la industria pesquera. Todos sus recursos son capturados desde las ricas y puras aguas de Chile, por una moderna flota pesquera. Desde fines de la década de los 80, la empresa concentra su actividad en la producción de harina de pescado, aceite de pescado y pescado en conserva. En el año 2006, se incorpora a la cartera de productos de la empresa, el producto congelado.

Con el apoyo de capitales noruegos, provenientes de Austevoll Seafood ASA, FoodCorp S.A. es uno de los mejores y más relevantes actores en la industria pesquera del centro-sur de Chile. En su rol de empresa líder, FoodCorp se ha preocupado en forma especial de la sustentabilidad de la pesca, apoyando activamente las actividades de investigación y mejoras medioambientales. Se ha logrado un reconocido liderazgo en la industria, a través de continuos programas de responsabilidad social, la aplicación de políticas de colaboración con la comunidad y por ser la primera empresa pesquera en Chile que se adhiere al compromiso del Pacto Global de las Naciones Unidas.

## **1.2 Ubicación**

La principal operación se localiza en la Bahía de Coronel, 500 kilómetros al sur de la capital chilena, Santiago. Foodcorp S.A: está ubicada en un área privilegiada, debido a la riqueza y a la variedad de los recursos marinos y a la estratégica posición geográfica, en una región que ofrece puertos altamente desarrollados, una buena red de carreteras, infraestructura industrial y un estable crecimiento comercial.

## **1.3 Visión**

Calidad para el mundo

## **1.4 Misión**

Ser el proveedor líder de productos pelágicos sustentables, enfocados en la innovación, responsabilidad social y altos estándares medioambientales, optimizando la cadena de valor y entregando emocionantes soluciones al mercado.

## **Capítulo 2: Proceso Productivo**

En este capítulo se describe de manera general el proceso de producción de la harina de pescado. Las etapas de los procesos de la planta, que va desde la descarga de la materia prima hasta la dosificación del antioxidante, proceso en donde se desarrolla nuestro trabajo de título. Cabe destacar que es un proceso continuo, donde el producto debe tener las características necesarias para pasar a la siguiente etapa de producción.

### **2.1 Descripción general del proceso productivo de la harina de pescado**

El proceso de fabricación de la harina de pescado, se realiza a partir de la materia prima *Anchoveta*, especie que se pesca principalmente en las costas de Perú y Chile. La calidad de la harina a producir depende directamente de la calidad de materia prima que se va a procesar, por lo que resulta importante que se realice la pesca de materia prima fresca y de buen tamaño, de manera que permita la producción de una harina de excelentes características. Básicamente el proceso productivo comprende las siguientes etapas:

### **2.2 Etapas del proceso productivo**

#### **2.2.1 Recepción y almacenado de materia prima**

La materia prima capturada en alta mar se descarga del barco pesquero y es transportada hacia los pozos de recepción en donde es almacenada para su posterior reducción.

### **2.2.2 Etapa de Cocción**

La materia prima es sometida a un proceso térmico de vapor indirecto mediante un intercambiador de calor. El propósito del proceso de cocción es el liberar el aceite y agua de los depósitos de pescado para luego ser separado del material sólido, además al calentar el producto a temperaturas cercanas a los 100°C se busca la coagulación de proteínas, esto hace que se conserven las propiedades nutritivas y al ser cocinado se logra detener la actividad microbiana responsable de la degradación del producto.

### **2.2.3 Pre-Straining**

El aceite y la mayor parte del agua liberada por la cocción se pueden separar de los sólidos mediante un drenaje. Esto se logra mediante el uso de un transportador de tornillo equipado con un filtro de malla con forma de medio cilindro, los líquidos pasan a través de los orificios del filtro mientras que la parte sólida se transporta hacia la Prensa para una nueva etapa de separación.

### **2.2.4 Etapa de Prensado**

El propósito del prensado mecánico es exprimir tanto líquido como sea posible de la parte sólida, la separación da como resultado una parte líquida compuesta por agua y grasa es llamada licor de prensa que se unirá al líquido generado en el pre-straining para elaborar aceite mientras que la parte sólida se le denomina torta de prensa se utilizará para fabricar la harina de pescado. Ésta etapa es importante para reducir el contenido de humedad de la torta de prensa previo al secado.

### **2.2.5 Separación del licor de prensa**

El licor proveniente del prensado y el líquido generado en el pre-straining consisten en agua y cantidades variables de aceite y sólidos. La separación de las tres fracciones del licor de prensa, lodo, aceite y agua se hace mediante la decantación, este proceso se usa para recuperar un porcentaje de grasas y sólidos.

### **2.2.6 Etapa de Centrifugación**

Esta etapa se realiza haciendo uso de equipos que utilizan la fuerza centrífuga, se logra separar los componentes del licor proveniente de las separadoras, que consiste en grasa, agua de cola (sólidos solubles) y lodos, basados en el principio de diferencia de densidades.

### **2.2.7 Etapa de Evaporación**

En esta etapa se produce la eliminación del agua del *agua de cola* generada en la etapa de centrifugación, de modo que se logre la concentración de los sólidos presentes en este líquido (40%), generándose un concentrado que luego se une a la *torta de prensa*, para continuar con el proceso de secado. Para esta etapa se emplean evaporadores de película descendente de varios efectos, dependiendo de la capacidad productiva de la planta.

### **2.2.8 Etapa de Secado Primario**

En esta etapa lo que se busca es deshidratar la *torta de prensa*, *torta separadora* y el *concentrado*, los cuales previamente homogenizados mediante un molino húmedo, ingresan a los secadores que podrían ser del tipo Rotatubos que funciona con vapor seco de agua.

### **2.2.9 Etapa de Secado Secundario**

En esta etapa se busca reducir la humedad de este material a niveles donde no sea factible el crecimiento microbiano y además pueda auto conservarse (6% - 8%), de modo que no se produzcan actividades enzimáticas que puedan deteriorar el producto. En esta etapa se usan secadores de aire caliente.

### **2.2.10 Etapa de Molienda**

En esta etapa se busca la reducción del tamaño de los sólidos hasta que cumpla con las especificaciones del cliente (granulometría del 98% en malla 200). En esta etapa la harina de pescado adquiere sus características físicas clásicas.

### **2.2.11 Etapa de dosificación de Antioxidante**

En esta última etapa se desarrolla el seminario de título, para obtener el producto final que será ensacado para su posterior distribución, a la harina de pescado se le debe suministrar un Antioxidante, este componente evitará que las grasas presentes en la harina de pescado se oxiden, logrando la estabilización del producto final. El antioxidante más utilizado para este fin es la Etoxiquina.

La Etoxiquina es uno de los antioxidantes más populares y efectivos usados en la harina de pescado para proteger el producto y lograr que no se oxide. La oxidación de las grasas presentes en la harina de pescado produce un incremento en la temperatura de la harina, la cual llega incluso a combustionarse, produciéndose un olor a quemado La adición de un antioxidante efectivo es esencial para prevenir la combustión espontánea durante largos periodos de almacenamiento y envíos.

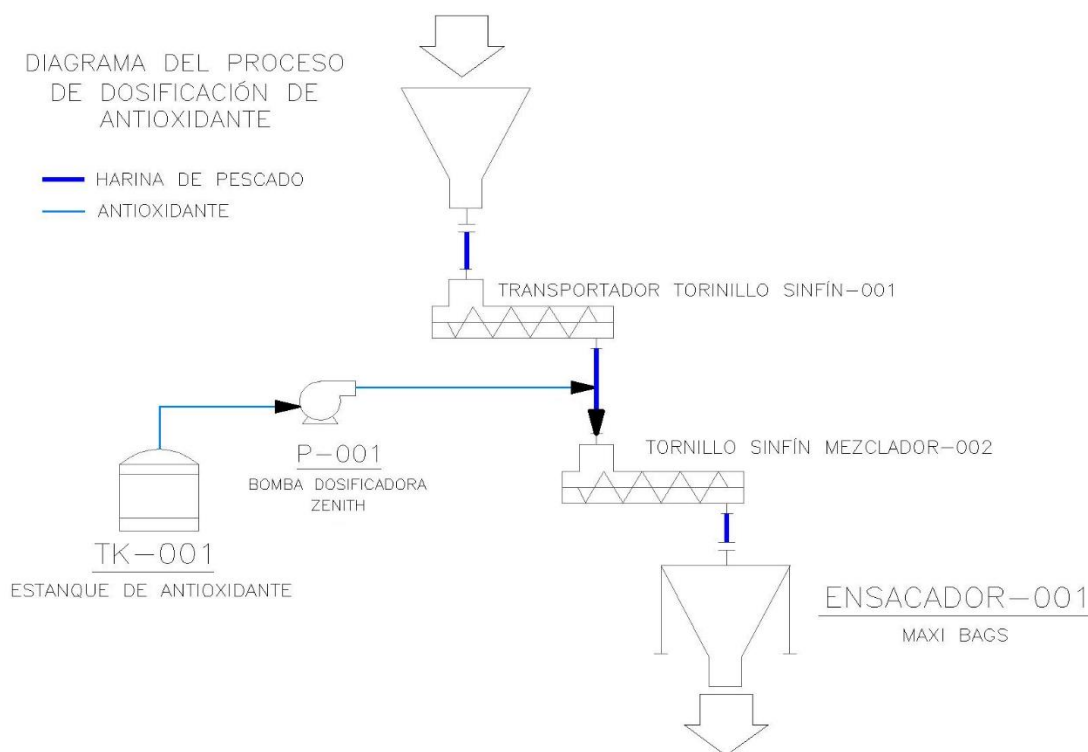


Durante la producción de harina de pescado se añade la etoxiquina en niveles de 300 a 1000 ppm (mg/kg) de acuerdo con los requisitos de envío de la Organización Marítima Internacional (OMI).

### Capítulo 3: Proceso Actual de Dosificado de Antioxidante

En el siguiente capítulo, se describe el proceso de dosificado de antioxidante que se utiliza actualmente en planta de harina, desde su salida del molino, transporte, adición y mezcla del producto a la harina transportada. Se identificará el problema en cuestión, las causas y los efectos que produce, información necesaria para el posterior estudio detallado de las posibles soluciones.

Esta información es complementada con datos obtenidos por los mismos operadores de la pesquera, la función en detalle de los instrumentos que se utilizan en el proceso de dosificado, así como el desempeño y fallas en el proceso.



**Figura 1.** Diagrama del proceso de dosificación de antioxidante.

### 3.1 Descripción del proceso de dosificado.

Terminada la etapa de molienda, la harina de pescado es transportada mediante tornillos helicoidales (tornillo sinfín) hacia el dosificador de antioxidante.

De manera resumida el sistema de dosificado se compone dos partes. Un control de temperatura y un control de la bomba dosificadora.

El antioxidante que es almacenado en un estanque, presenta una alta viscosidad que hace difícil el flujo del producto, para disminuir su viscosidad y hacer posible su circulación, es necesario aumentar la temperatura del producto a unos 50°Celsius, esto se logra mediante el uso de un calefactor de inmersión para aumentar la temperatura, un sensor pt100 y controlador local para mantener la temperatura sin variaciones. Solo así la etoxiquina se encuentra con una buena fluidez para ser bombeada.



**Figura 3.** Transporte de la harina mediante tornillos



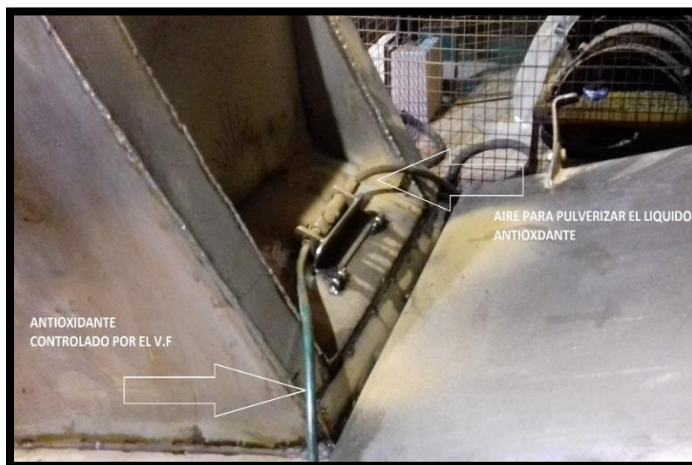
**Figura 2.** Estanque de Antioxidante con control de temperatura

La bomba dosificadora está conectada a un variador de frecuencia, operado por el personal de la planta puede aumentar o disminuir la velocidad de bombeo en proporción a la cantidad de harina transportada en el tornillo sin fin. Con el fin que la mezcla sea homogénea, el antioxidante es suministrado por un atomizador con aire comprimido (air Nozzle), alimentado con la red de aire

de la pesquera, finalmente la harina se termina de mezclar mientras es transportada por el tornillo sinfín hacia el ensacado, donde será almacenada en maxibags para su posterior distribución.



**Figura 4.** Controlador de Temperatura



**Figura 5.** Pulverizador con aire

### 3.2 Identificación y análisis del problema

Para cumplir con las exigencias de calidad necesarias, la harina de pescado debe contener un mínimo de 300ppm de Etoxiquina. La cantidad de antioxidante suministrada es controlada por un operador en terreno, la labor del operador es de observar el flujo de harina y hacer una referencia visual de la cantidad transportada, mediante el panel local del variador de frecuencia puede cambiar la velocidad de bombeo para el suministro de antioxidante, en proporción al caudal previamente observado. Por experiencia de los operarios se utilizan dos estados de operación, bajo caudal en 30 Hz y alto caudal en 70Hz.

En este proceso no existe un control automático de dosificado de antioxidante, la funcionalidad de éste depende completamente de la experticia del operador en terreno, para administrar una cantidad de antioxidante que no esté bajo el nivel mínimo permitido.

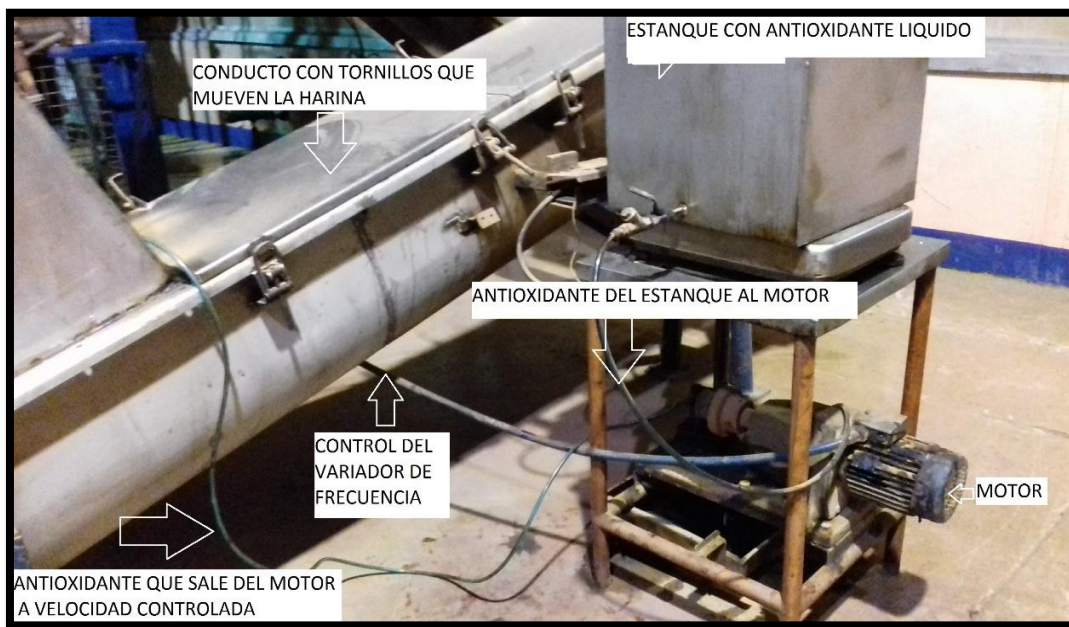
### 3.2.1 Causa del problema

La causa del problema en este proceso es que no existe un método para medir el caudal instantáneo de la harina transportada de manera precisa, solo existe una estimación cuantitativa por parte del personal.

### 3.2.2 Efectos

El efecto principal es el riesgo de administrar una cantidad menor de antioxidante, con respecto al mínimo permitido. Lo que causaría una pérdida de la calidad del producto final que podría traer consecuencias económicas.

Otro efecto a tener en cuenta es el malgasto de etoxiquina al suministrar una cantidad muy superior al necesario, lo que equivale a una pérdida económica.



**Figura 6.** Proceso de Dosificación de Antioxidante

### 3.3 El Algoritmo para la dosificación de antioxidante.

Como se dijo con anterioridad, no existe un control automático para la dosificación de antioxidante, el método utilizado por los operadores para medir la cantidad de líquido que se debe suministrar está basado en referencia visual de caudal, y para comprobar que la proporción suministrada sea la correcta, se registra la cantidad de maxisacos llenados versus el antioxidante suministrado en un tiempo determinado, para ver la cantidad de ppm que fue dosificado.

En detalle, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Recibir información de la cantidad de ppm (partes por millón) de antioxidante que debe suministrar a la harina (mínimo de 300ppm).
2. Observar el flujo de producto en la salida del enfriador, realizar una referencia visual de cuanta carga está pasando.
3. Condición dependiendo de la carga:  
Esto es un promedio que tienen por experiencia, dado que a esa velocidad la bomba entregará una cantidad necesaria de líquido para cumplir con las ppm exigidas.
  - Mucha Carga, modificar el VDF a 70Hz.
  - Carga normal, modificar el VDF a 30 Hz.
4. Visualizar llenado de los Maxisacos, para ver si aumentar o disminuir la velocidad de la bomba dosificadora mediante el panel local del variador de frecuencia, esto se hace en modo manual.
5. Para comprobar si la cantidad suministrada es correcta, registrar la cantidad de maxisacos llenados (son números enteros), durante una hora.
6. Registrar la cantidad de líquido suministrado en una hora, mediante una pesa digital que mide la cantidad en [Kg] de líquido que ha disminuido.

### 3.4 Ejemplo del uso del algoritmo:

Le piden al operador que agregue 300 ppm de etoxiquina al proceso, este debe registrar la cantidad de maxisacos llenados, cada maxisaco pesa 1250Kg, en este ejemplo diremos que ensacaron 2 maxisacos por hora. Luego el operador debe visualizar cuanto liquido ha bajado del estanque, para esto usa la pesa digital que sostiene al estanque, para el ejemplo bajo 0.75 Kg de líquido del estanque TK-001.

Para el ejemplo tendríamos:

0.75 Kg de antioxidante en 2 sacos de 1250 Kg de producto, nos da:

$$0.75 \text{ Kg} / 2500\text{Kg} = 0.000300 = 300\text{ppm}$$

**El producto debe contener 300ppm, realizando así el proceso en forma satisfactoria.**

**Tabla 1.** Ejemplo de registro de datos.

Hora	N° Sacos	Kg de Harina	Kg AO	PPM de AO
9:00	02	2500	1.4	560
10:00	02	2500	1.4	560
11:00	01	1250	07	560

*Registro de datos para un caudal bajo.*

**Tabla 2.** Muestreo de la bomba dosificadora

Frecuencia [Hz]	Caudal A/O [L/hr]
10	1,02
20	2,7
30	3,6
40	5,1
50	6,6
60	7,8
70	9

*Registro del suministro en (l/hr) de antioxidante versus la velocidad de la bomba dosificadora.*

*(Más detalle ver Anexo 3).*

### 3.5 Control de Temperatura

La Etoxiquina es un líquido muy viscoso, por lo cual es necesario cambiar su densidad para mejorar su fluidez y así ser dosificado por la bomba de forma efectiva. Para bajar su nivel de viscosidad se emplea un regulador de temperatura, el calentamiento del antioxidante a una temperatura de 50°C es suficiente para ser dosificado sin inconvenientes.

Este proceso de regulación de temperatura se logra aumentando la temperatura del líquido con un calefactor de inmersión eléctrico ubicado en el interior del estanque y sumergido por el líquido antioxidante, una Pt100 como sensor de temperatura y finalmente un controlador que mantendrá la temperatura a 50°C.



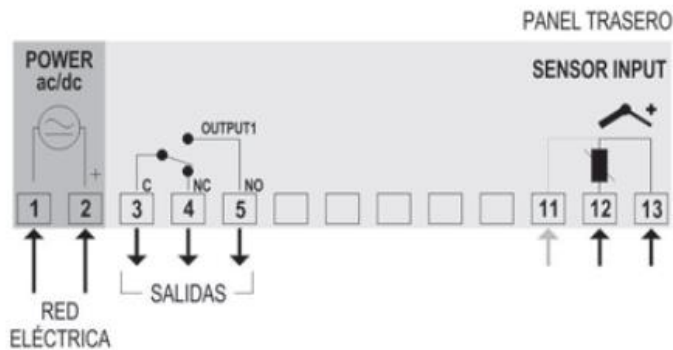
**Figura 7.** Lazo de Control Temperatura, estanque y panel de control.

#### 3.5.1 Instrumentos del control de temperatura

##### 3.5.1.1 Controlador Universal NOVUS2000

El controlador novus n2000, cumple la función de regulación de temperatura para el calentamiento de etoxiquina, tiene entradas para sensores de temperatura pt100 o termocuplas y salidas para la conexión del calentador por inmersión. Toda la configuración del controlador es hecha a través del teclado, sin cualquier alteración en el circuito.





**Figura 8.** Conexiones eléctricas controlador Novus n2000.

### Conexiones Eléctricas

La figura indica los terminales de conexión.

- Alimentación a la red eléctrica de 220V
- Salida hacia el calefactor de inmersión eléctrico
- Entrada para el sensor de temperatura PT100

Pt100 deben ser conectados a 3 cables. Para la adecuada compensación de la resistencia del cable, todos los conductores deben tener la misma resistencia eléctrica. Para Pt100 a 2 cables, los terminales 11 y 13 deben ser puenteados.

### Configuración del controlador.

Aunque esta parte del proceso no se verá modificada por nuestro proyecto, indicaremos algunos parámetros se pueden modificar mediante el panel de control del controlador.

**SP**  
Set Point

Ajuste de la temperatura de control o temperatura de trabajo, este parámetro está configurado a 50°C.

**Unit**  
Unit

Unidad de temperatura, (0) para mantener en grados Celsius.

**Typ**  
Type

Tipo de sensor a utilizar, en nuestro caso pt100.



### 3.5.1.2 Termoresistencia (PT100)

El contenido del estanque necesita estar a una temperatura constante de 50°Celsius, para la lectura de esta variable se necesita un sensor de temperatura inmerso, el sensor es protegido por un thermowell, y fijada con un flange o bien soldada como se ve en la figura 10.

Los sensores Pt100 son un tipo específico de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). La característica más importante de los elementos Pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C y es con diferencia el tipo más común de sensor RTD utilizado en la industria.

#### Características generales

- PT100 Uso general
- Largo L1 100mm
- Diámetro 6,35 (1/4")
- Temperatura Máxima -40 +300°C



**Figura 9.**  
Controlador N2000



**Figura 10.** Estanque de etoxiquina con una PT100.

### 3.5.1.3 Calefactor de Inmersión

Resistencias blindadas especialmente montadas en bridas o cabezales para sujeción en recipientes contenedores de distintos tipos de líquidos, permitiendo un mejor manejo de la temperatura y una correcta estanqueidad del depósito.

Fabricados en forma Standard, con roscas a proceso de 1", 1 ¼", 1 ½" y 2" y tensión de voltaje de 110 V, 220 V y 380 V. Distintos materiales de vainas. Este tipo de resistencia es utilizado mayormente para calefaccionar tanques o bateas. De fácil y rápida instalación, tienen larga vida

útil.



**Figura 11.** Calefactores de Inmersión

## 3.6 Control Bomba dosificadora

Para controlar la cantidad de antioxidante que se dosifica en el caudal de harina de pescado, el sistema instalado cuenta con una bomba de engranajes, un controlador local de velocidad para modificar la cantidad suministrada y finalmente un atomizador de aire encargado de distribuir de manera uniforme el antioxidante en la harina, que es transportada en el tornillo sin fin.

### 3.6.1 Instrumentos del control de la Bomba

#### 3.6.1.1 Bomba dosificadora Zenith

Una bomba de engranaje es la encargada de llevar a cabo la tarea de dosificar un líquido de alta viscosidad como es la etoxiquina. Este tipo de bomba, altamente utilizada en industrias químicas y de alimentos, son parte fundamental en muchos procesos donde se requiera dosificar, mezclar o dispensar donde la precisión y uniformidad del fluido son variables críticas en el proceso.

Como características están la gran precisión en la dosificación, sin pulsaciones en el flujo, alta resistencia al desgaste y gran vida útil ante un amplio rango de fluidos y condiciones de presión.

En caso específico del sistema de bombeo y atomización del líquido antioxidante, no estarán sometidos a cambios. Esta bomba controlada por el variador de frecuencia no será necesario de modificar, su conexionado eléctrico y lugar físico permanecen intactos



**Figura 12.** Bomba de engranajes marca Zenith con su respectivo controlador de velocidad.

### 3.6.1.2 Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers.

#### Características generales Modelo Danfoss VLT 5003:

Tensión de alimentación de red (L1, L2, L3): 200-240 V..... 3 x 200/220/240V

Frecuencia de alimentación..... 50/60 Hz

Tensión de salida..... 0-100% de la tensión de red

Frecuencia de salida..... 0- 130 Hz, 0 – 1000Hz



**Figura 13.** Variador de Frecuencia Danfoss VLT 5003. Fuente. Catálogo Danfoss (2012)

### 3.6.1.2 Atomizador de Aire (Air Atomizing Nozzle)

Es un instrumento que utiliza aire comprimido para convertir el líquido en un aerosol fino. Es el encargado de suministrar el antioxidante de forma homogénea en la harina de pescado.

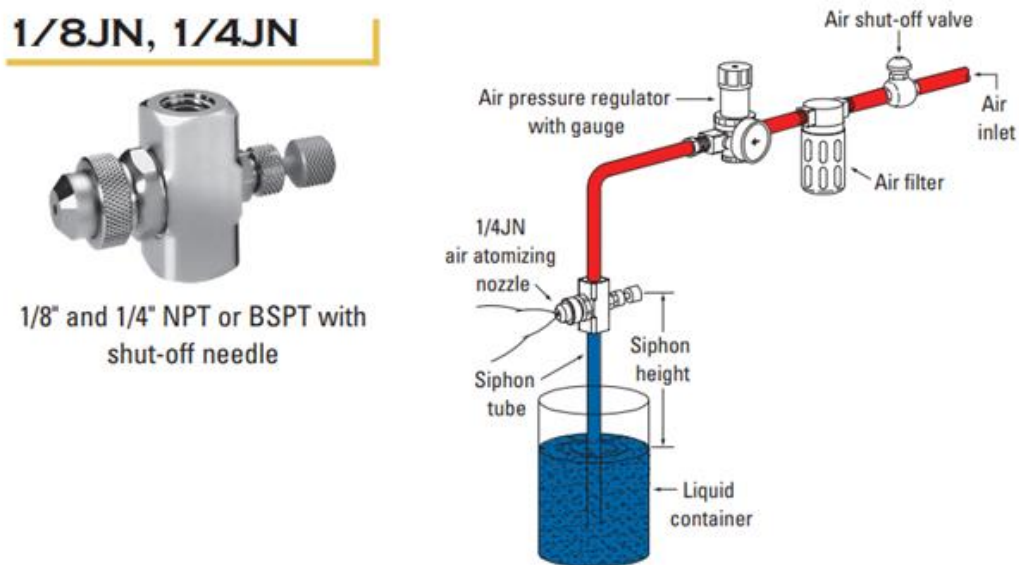
Requiere una única fuente de aire para la atomización.

#### Características

Marca: Spraying Systems Serie 1 / 8J .

Funcionan a caudales estándar.

Material de acero inoxidable



**Figura 14.** Atomizador de Aire (a la izquierda), Esquema simplificado de uso (derecha). Fuente .Catálogo Spraying Systems Co. (2015)

### 3.7 Transportadores de Tornillo sin fin

En todas las etapas del proceso productivo de la harina de pescado, el sistema de transporte del material es mediante tornillos sin fin. Los transportadores de tornillo sin fin son instalaciones transportadoras para materiales a granel. El elemento transportador es un metal plano moldeado en forma de hélice (hélice de tornillo sin fin). Este rota alrededor del eje longitudinal y transporta el material a granel en una artesa o un tubo en reposo en dirección axial, que a su vez sirve como elemento portante. Es posible transportar el material en horizontal, vertical o en un plano inclinado. Durante el transporte del material a granel también pueden llevarse a cabo etapas de procesamiento como mezclado, deshidratación o compresión. También es posible enfriar o secar durante el transporte. Los transportadores de tornillo sin fin tienen una estructura sencilla, pero su uso solo es razonable para longitudes de transporte relativamente cortas. Y debido al rozamiento del material a granel en la artesa del tornillo, la potencia necesaria de un transportador de tornillo sin fin es considerablemente superior que la de una banda transportadora.



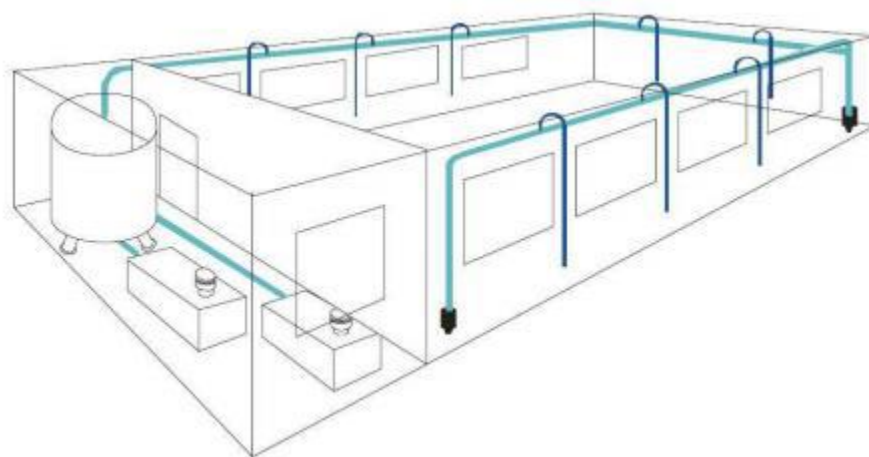
**Figura 15.** Transportador tornillo sin fin

### 3.8 Aire Comprimido

El aire comprimido se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso de aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor. En la mayoría de aplicaciones, el aire no sólo se comprime, sino que también desaparece la humedad y se filtra. El uso del aire principalmente es utilizado para atomizar el flujo de antioxidante proporcionado por la bomba dosificadora, y además al utilizar válvulas neumáticas como se verá en el capítulo 4.

#### 3.8.1 Red de aire abierta

Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio tal como se muestra en la figura. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja, además de que este tipo de distribución favorece el drenaje. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire "aguas abajo" del punto de corte lo que implica una detención de la producción. Otra desventaja para tener en cuenta es que este tipo de distribución provoca grandes pérdidas de carga.



**Figura 16.** Esquema de una red de aire comprimido abierta.

#### **Capítulo 4: Propuestas al problema**

En este capítulo se estudiarán las posibles soluciones para el problema existente en el proceso de dosificado, se analizará en detalle sus ventajas y desventajas, el precio estimado del proyecto y finalmente se realizará una conclusión para ver cuál método es más adecuado para su desarrollo.

Como se describe en el capítulo anterior, el problema en el sistema dosificador de antioxidante es que no existe un método para medir el flujo de harina transportada, solo una estimación visual, lo que recae en su poca eficiencia. El propósito del trabajo de título es buscar la forma de automatizar el proceso, buscar una forma de medir el caudal de harina y suministrar el antioxidante de manera proporcional sin depender de un operador en terreno. Se tiene que tener en consideración que el proceso de producción en la pesquera es continuo, no es posible detener el transporte de harina, tomando en cuenta esto se han estudiado tres soluciones para abordar el problema.

En la primera solución, se propone utilizar una tolva con un sistema de pesaje, al conocer el peso en Kg de la harina almacenada en la tolva, se puede suministrar una cantidad de antioxidante proporcional a la carga. La descarga del contenido hacia el transportador sin fin se logra mediante válvulas neumáticas controladas por un PLC.

Como segundo método, se considera la incorporación de un caudalímetro de sólidos granulados, que funciona midiendo el flujo continuo de harina mediante una placa de impacto, la señal del sensor es enviada a un integrador para obtener una señal análoga de 4-20mA proporcional al caudal transportado. Luego utilizando el variador de frecuencia se puede escalar la señal de entrada según sea requerida para suministrar la cantidad de antioxidante.



La última propuesta consiste en el uso de un tornillo sinfín de pesaje para el cálculo de caudal instantáneo, se puede modificar el tornillo de transporte agregándole celdas de carga para saber el peso del material transportado, el uso de un encoder para medir la velocidad del motor del tornillo transportador y un integrador, el cual haciendo uso de los datos, peso y velocidad, calcula el flujo de harina además de otorgar una salida por señal análoga 4-20mA, al igual que en el segundo método, se toma la señal y se escala mediante un variador de frecuencias en la proporción requerida, así se obtiene el porcentaje de antioxidante según el caudal instantáneo.

#### **4.1 Sistema de Básculas de Pesaje Continuo**

En un proceso continuo, se requiere de un instrumento capaz de medir la cantidad de sólido, en forma particular en tolvas o silos destinados a contener el producto.

Un método de precisión para saber la cantidad exacta que contiene un recipiente industrial en su interior es la determinación del peso mediante una báscula para tolva. La báscula, mide el peso en kilogramos del conjunto tolva más producto, como el peso de la tolva es conocido, es fácil determinar el peso del producto. La tolva se apoya en una plataforma y es suspendida mediante celdas de carga. Las celdas de carga se componen de galgas extensiométricas, pueden trabajar a altas presiones y temperaturas, y su exactitud puede variar entre  $\pm 0,5\%$  al  $\pm 1\%$ .

Una Tolva con sistema de pesaje incluido, es una buena solución para dosificación de productos a granel. Consta con un sistema de pesado con cuatro células de carga para homogeneizar la carga, las celdas generan tensiones eléctricas proporcionales al peso que se adicionan. La descarga se realiza a través de la apertura de una o dos compuertas para una rápida evacuación.

El accionamiento de las compuertas de la tolva es de manera neumática. La señal de los sensores de carga es analógica. Por lo tanto, se puede integrar la tolva al sistema de procesos

Esta Tolva es una solución buena y variada, pues se puede usar para controlar el nivel, o controlar la carga o descarga de material.

Para construir este sistema de pesaje mecánico y electro neumático se basa en dos consideraciones.

1. Pesar la harina.
2. Dosificar con antioxidante esa cantidad de harina.



**Figura 17.** Ejemplo de sistema de pesaje compuesto por dos tolvas

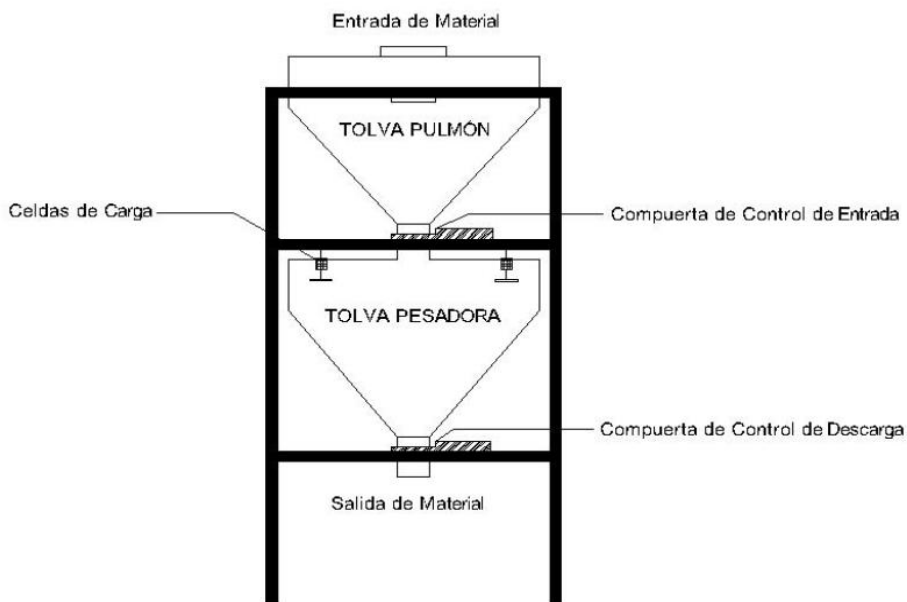
#### 4.1.1 Partes del Sistema de pesaje

Tolva Pulmón: se ubica en la parte superior, su tarea es de almacenar el material a granel que ingresa, posee una válvula de compuerta o guillotina en su parte inferior que controla la entrada del material a la siguiente tolva.

Tolva Pesadora: se ubica en la parte inferior, es sostenida por 4 celdas de carga, que son los sensores de peso. Cuenta en la parte inferior con una válvula de compuerta para realizar la descarga del material.

Celdas de carga: Son sensores de fuerza, que se utilizarán para medir el peso de la harina.

Compuertas de Entrada y Descarga: Elemento final de control, son válvulas tipo guillotina de accionamiento neumático de doble efecto, para mayor velocidad de apertura y cerrado.



**Figura 18.** Esquema de sistema de pesaje continuo.

### **4.1.2 Funcionamiento**

El material que circula por un tornillo sin fin entra y se almacena en la tolva Pulmón. Para realizar el llenado inicial se abre la compuerta de entrada, llenando la tolva pesadora hasta un valor deseado y configurado previamente.

Para el pesaje del material, una vez llenada, se cierra la compuerta de la tolva pulmón y el controlador toma el peso del material.

Para la descarga del material, el controlador envía la señal de apertura para la compuerta de descarga, el material cae y es transportado por un tornillo sin fin, donde se agrega el antioxidante.

Como el peso de la harina ya es conocido se puede dosificar una cantidad de antioxidante equitativa y de manera automática que no será necesario variar.

### **4.1.3 Instrumentación de la tolva báscula**

#### ***4.1.3.1 Tolva contenedora y su diseño***

Una tolva es un equipo de almacenamiento, la cual se compone de dos partes: Una sección inferior a la que se conoce como boquilla, la cual puede ser de forma cónica o pirámide invertida, y una sección vertical superior, la cual proporciona la mayor parte del volumen de almacenamiento.

Para el proyecto se empleara una tolva piramidal, el tipo de material para la construcción será de **Acero inoxidable 316**, el tamaño y medidas se podrán calcular de acuerdo a los requerimientos.

El acero inoxidable Tipo 316 es un acero inoxidable de cromo níquel que contiene molibdeno. Esta adición aumenta la resistencia a la corrosión general, a diferencia de la versión 304, el 316 es mejor para piezas expuestas a atmósferas marinas.

El contenido de una tolva completa llenará el total de 2 maxibags, el peso de cada uno de los maxibags es de 1250. Por lo que la capacidad de almacenaje de la tolva pesadora debe tener una capacidad mínima de 2500 Kg.

La densidad de la harina de pescado es de  $450 \frac{kg}{m^3}$ .

Otro dato importante a tener en cuenta es el ángulo de la tolva, este dato se puede calcular de acuerdo al ángulo de reposo que tiene el material de almacenaje. Se entiende como ángulo de reposo la pendiente máxima de una porción de terreno granular sin que se produzca un deslizamiento. Para el caso de la harina de caso este ángulo varía entre los 30°- 40°, para que la harina se deslice el ángulo de construcción de la tolva debe ser superior a 40°, en el diseño de nuestra tolva se utilizara un ángulo de 45°.

#### Datos Generales:

Capacidad de Almacenaje: 2500[kg] = 2.5 Ton

Densidad harina de pescado:  $0.45 \frac{gr}{ml} = 450 \frac{kg}{m^3}$

Volumen:  $\frac{2500 kg}{450 \frac{kg}{m^3}} = 5.555 m^3$

Angulo de inclinación: 45°

#### Dimensiones de la tolva:

*Área 1(superior):*

2.254 m

$2.254^2 = 5.080516m^2$

*Área 2(inferior):*

La elección de esta medida para la boquilla o salida de la tolva es por el ancho del tornillo sin fin, la descarga del material va ser transportada por el tornillo para luego ser administrado el antioxidante y su posterior ensaque. Por esto que el tamaño de la salida calculado es de 10”, al igual que la medida de la válvula de guillotina que se verá más adelante.

$$10''; 0.254 \text{ m}$$

$$0.254^2 = 0.064516 \text{ m}^2$$

Altura:

$$h = 1 \text{ m}$$

Volumen para la pirámide

$$V_{\Delta} = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}) = \frac{1}{3} (5.080516 + 0.064516 + \sqrt{5.080516 \cdot 0.064516}) = 1.90584 \text{ m}^3$$

Volumen sección superior

$$V_1 = 2.254 \cdot 2.254 \cdot 0.73 = 3.70877668 \text{ m}^3$$

Volumen sección inferior

$$V_2 = 0.254 \cdot 0.254 \cdot 0.15 = 0.0096774 \text{ m}^3$$

Volumen Total de la Tolva

$$V_T = 1.90584 + 3.70877668 + 0.0096774 = \mathbf{5.624303 \text{ m}^3}$$

Para nuestro diseño el volumen de la tolva es un poco superior al valor mínimo.

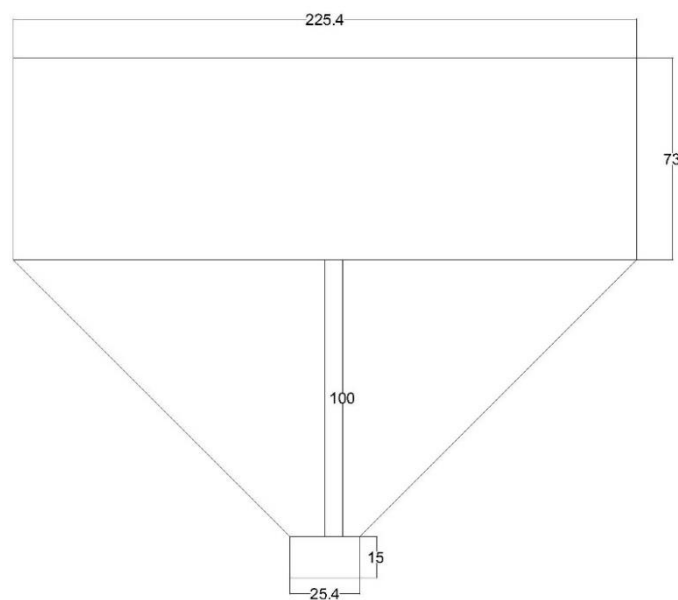
Se puede calcular la capacidad total de la tolva:

$$m = v \cdot d = 5.624303m^3 \cdot 450 \frac{kg}{m^3} = 2531 kg$$

Para llenar 2 maxibags era necesario 2500 kg, entonces:

$$2531 kg - 2500kg = 31 kg$$

En el transporte del material por el tornillo sin fin, como el residuo que puede quedar en las paredes de la tolva, se tiene que considerar una perdida, estos 31 kg de diferencia pueden solventar esta perdida.



**Figura 19.** Diseño tolva piramidal

#### 4.1.3.2 Celda de carga

Una celda de carga es un transductor que sirve para convertir una fuerza en una señal eléctrica.

Un **Transductor**, es un dispositivo al que recibe una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y la convierte en una señal de salida de diferente tipo, normalmente eléctrica.

Existen muchos tipos de transductores utilizados en la industria. En el diseño de un sistema de medición de peso. Será útil entender el principio de operación del transductor a utilizar.

La Célula o Celda de carga es el tipo más común de transductor de fuerza. Cada célula está basada en un elemento elástico, a los cuales se les adhiere varias galgas de resistencia eléctrica.

La fuerza que se desea medir, deforma la galga extensiométrica o extensómetro, con lo que producirá una variación en su resistencia eléctrica, debido a una propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar el valor nominal de su resistencia proporcionalmente a la deformación presentada (efecto piezorresistivo).

De esta manera, se convierte la carga que actúa sobre la celda en un voltaje que se mide con cuatro resistencias conectadas en una configuración que se conoce como puente de Wheatstone. Por lo general la señal eléctrica emitida es muy pequeña (mili volts) por lo que se hace necesario que ésta sea amplificada antes de su utilización.

#### ***4.1.3.3 Funcionamiento Celdas de carga***

Un valor a tener presente al trabajar con celdas de carga es su sensibilidad nominal. La sensibilidad indica la señal de salida en mV/V que se genera cuando el transductor se carga al 100%; es decir, cuando se carga con su fuerza nominal. 3 mV/V es un valor de señal de salida muy común en los transductores de fuerza.

Los transductores de fuerza basados en galgas extensiométrica requieren una tensión de alimentación. Una sensibilidad de 3 mV/V significa que, en presencia de la fuerza nominal, un transductor de fuerza genera una señal de salida de 3 mV cuando se alimenta con 1 V. Con una tensión de alimentación de 10 V, la tensión de salida correspondiente sería de 30 mV.

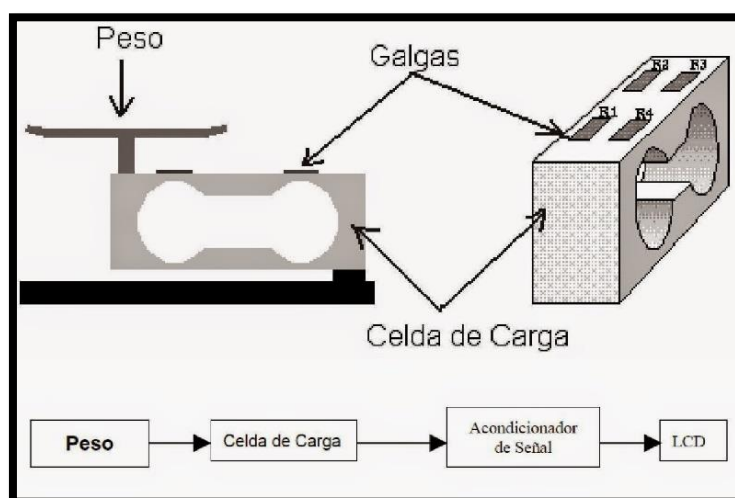


En el caso ideal, la señal es lineal, esto es, para el ejemplo anterior si se aplica el 50% de la capacidad se tendrán 15mV y si se aplica cero fuerza se obtendrían 0mV.

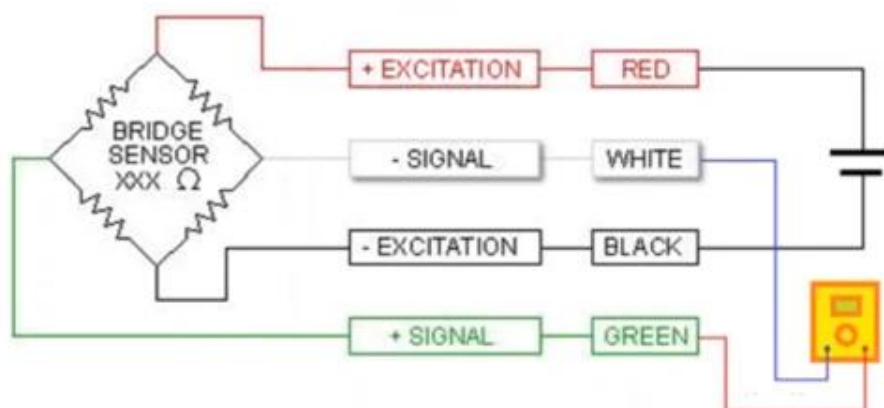
La señal de la celda se lleva a un convertidor análogo-digital para convertirla a un valor numérico digital, este valor se multiplica por un factor para convertirlo a unidades de pesaje kg, lb, etc. En sí, las básculas miden la fuerza que genera un objeto y como la Fuerza es igual a la Masa por la aceleración ( $F=m \cdot a$ ) y la aceleración es una constante (la gravedad de la tierra) se puede decir que la Masa es directamente proporcional a la Fuerza.

En el caso que se utilice más de una celda de carga, la capacidad de las celdas se suman, sin embargo la señal en milivolts a máxima carga (con la suma de la capacidad) permanece igual (al utilizar caja de sumas). Por ejemplo, para una plataforma con 4 celdas de carga de 1,000kg, con salida de 3mV/V c/u, al alimentarlas con 10Vdc se obtendrán 30mV al tener 4,000kg.

Para el conexionado, la mayoría de las celdas de carga tienen los cables con colores distintivos. Para alimentación y señal de salida.



**Figura 20.** Esquema de funcionamiento de una celda de carga.



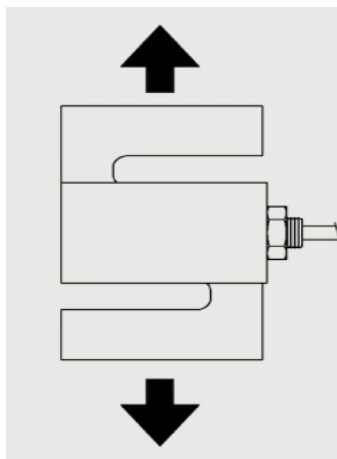
**Figura 21.** Diagrama de conexionado para Celda de 4 hilos. Fuente. LogicBus electrónica

#### **4.1.3.4 Celda de carga Tipo S, de tracción.**

Para medir el peso de la harina de pescado, se utilizarán 4 celdas de carga, que sostendrán a la tolva báscula, así el peso máximo de la tolva se distribuye entre estas. Existen una variedad de celdas que se utilizan en la industria para este tipo de aplicaciones, en nuestro proyecto solo se necesita medir el peso de una sola tolva y no de la estructura completa, así que la mejor opción es que la tolva bascula esté suspendida sobre un soporte y la celda de carga que se utiliza para este tipo de aplicaciones es la de “tracción”.

Los módulos de pesaje a tracción están diseñados para su uso con depósitos, tolvas de dosificación y otros dispositivos suspendidos de una estructura de soporte.

Las celdas de carga a tracción o tensión se emplean, para la medida de fuerza en la dirección de tracción o tensión de la celda.



**Figura 22.** Celda de Carga Tipo S de Tracción. Fuente. Laumas Electrónica.

El modelo **SIEMENS SIWAREX WL250 ST-S SA**, se utiliza para en el pesaje de tanques, básculas o el pesaje de depósitos colgantes. Su fabricación es de acero inoxidable y por eso es adecuada para entornos corrosivos.

**Características técnicas:**

Capacidad máxima: 500kg ,1 t, 2.5 t, 5 t, 10 t.

Tensión de alimentación DC 5-12[V]

Sensibilidad nominal 3[mV/V]



**Figura 23.** Celda de Carga Modelo Siemens WL 250. Fuente. Catálogo SIEMENS.



#### 4.1.3.6 Módulo de Pesaje

La función de un módulo electrónico de pesaje es determinar el valor actual del peso basándose en las señales de las celdas de cargas conectadas. La señal en mV proveniente de la caja de conexionado se conecta directamente a los bornes de entrada del módulo. Así que es posible procesar el valor directamente sin necesidad de acondicionar la señal de las celdas de carga.

El módulo SIWAREX WP321 se acopla al PLC por medio de un módulo de interfaz ET 200SP (Profibus/Profinet) y se puede configurar con el programa SIMATIC Step 7.



**Figura 26.** Módulo de pesaje SIWAREX WP321. Fuente. Catálogo Siemens.

#### 4.1.3.7 Válvulas de control

En el control automático de los procesos industriales, la válvula de control juega un papel muy importante. Tiene la función de variar el caudal de fluido de control que modifica, a su vez, el valor de la variable medida. Dentro del lazo de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.

La válvula de control neumática consiste en un actuador accionado por la señal neumática de 3-15 psi (0,2-1 Kg/cm<sup>2</sup>). El actuador o servomotor está conectado directamente a un vástago que posiciona el obturador con relación al asiento. La posición relativa entre el obturador y el asiento permite pasar el fluido desde un caudal nulo (o casi nulo) hasta el caudal máximo.

El cuerpo de la válvula de control contiene en su interior el obturador y los asientos. El obturador es quien realiza la función de control de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo. Está unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el actuador. (Creus Solé, 2010, p.381)

#### ***4.1.3.8 Válvulas con obturador de movimiento lineal***

Las válvulas de movimiento lineal, en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje, se clasifican en válvula de globo, válvula en ángulo, válvula de tres vías mezcladora o diversora, válvula de jaula, válvula de compuerta entre otras.

#### ***4.1.3.9 Válvula de compuerta***

Esta válvula, denominada también válvula de tajadera o guillotina, efectúa su cierre con un disco vertical plano, o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido.

Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada (*on-off*), ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando está en posición de apertura total y, por lo tanto, se caracteriza por una baja caída de presión. (Creus Solé, 2010, p.384)

#### 4.1.3.10 Válvula “Roller Gate”

El modelo de válvula a utilizar para el manejo de material granulado de flujo por gravedad, es la válvula de guillotina “Roller Gate” de la marca Vortex. La aplicación principal es el manejo de sólidos granulados en la salida de silos

La entrada y salida de la válvula es cuadrada de 10”.

El accionamiento de la válvula es a través de un cilindro neumático de doble acción operada por solenoide.



**Figura 27.** Válvula "Roller Gate", con actuador neumático. Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).

La guillotina se desliza a través de rodillos de leva. Estos rodillos son ajustables y se utilizan para reducir el desgaste del sello de la cuchilla, proveen un accionamiento lineal suave.



**Figura 28.** Rodillos ajustables. Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).

Tiene sellos de carga que prolongan la vida útil al compensar el desgaste, estos sellos proporcionan un sellado excelente al material a través de la puerta y a la atmosfera. Los sellos Bonnet pueden sustituirse en línea para así reducir el tiempo inactivo de la válvula.



**Figura 29.** Sellos Bonnet .Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).



#### **4.1.3.11 Control todo-nada**

El tipo de control utilizado para el accionamiento de la válvula, es el control todo-nada o “*on-off*”, este tipo de control es el más frecuentemente utilizado para el accionamiento de válvulas tipo guillotina a la salida de silos por flujo de gravedad.

En la regulación *todo-nada (on-off)*, la válvula de control adopta únicamente dos posiciones, abierta o cerrada, para un valor único de la variable controlada. Este tipo de control se caracteriza por un ciclo continuo de variación de la variable controlada.

El control todo-nada funciona satisfactoriamente si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta y posee un tiempo de retardo mínimo.

(Creus Solé, 2010, p.504)

Una de las formas más sencillas de efectuar este tipo de control es mediante un solenoide, el cual funciona como un interruptor, energizado con 24 VDC y configurando la válvula como normalmente abierta, para evitar que el silo se llene completamente en caso de falla.

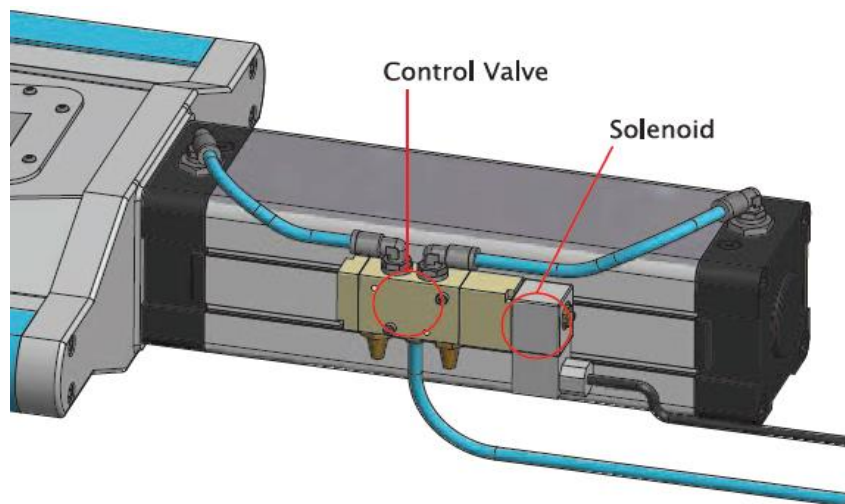
#### **4.1.3.12 Válvula solenoide**

La *válvula de solenoide o electroválvula* es un dispositivo para controlar el flujo de un fluido a su paso por una tubería. Consiste en dos partes básicas, el solenoide y la válvula. El solenoide es una bobina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica para accionar, normalmente, la válvula desde la posición cerrada a la abierta, es decir, en ausencia de alimentación eléctrica la válvula está cerrada mediante un muelle y, al excitar el solenoide, se abre (acción directa) por atracción del émbolo unido al obturador. La válvula también puede ser normalmente abierta (acción inversa), es decir que pasa a la posición de abierta, mediante un muelle, ante el fallo de la

alimentación eléctrica. Para una máxima seguridad, la válvula de solenoide está continuamente excitada; de este modo, si falla la corriente, la válvula de control pasa a la posición de seguridad.

(Creus Solé, 2010, p.530)

El actuador neumático de doble efecto es operado por un solenoide, la alimentación es de 24 VDC, en la figura 30 se puede apreciar la instalación del solenoide así como además el cable de alimentación, y el suministro de aire para el actuador.



**Figura 30.** Solenoide. Fuente. Catalogo Quantum series, (2015).

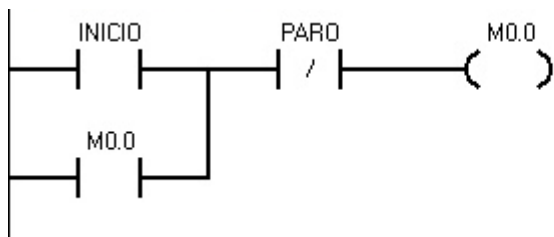
### 4.1.4 Programación Ladder

#### 4.1.4.1 Programa de Control de pesaje y dosificación antioxidante.

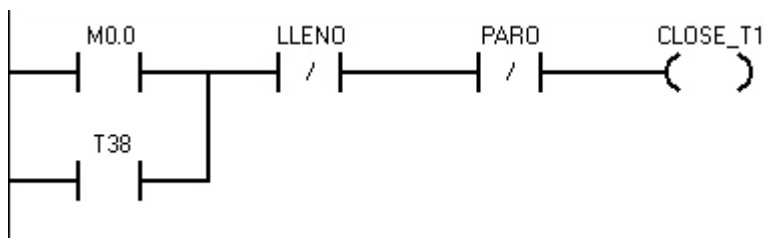
#### LADDER PLC SIMATIC ET-200SP

INICIO	I0.0	INICIO DE LLENADO
PARO	I0.1	DETENER LLENADO
VACIO	I0.2	SENSOR DE PESAJE VACIO
LLENO	I0.3	SENSOR DE PESAJE LLENO
CLOSE_T1	Q0.0	CERRAR TOLVA PESAJE
OPEN_T1	Q0.1	ABRIR TOLVA PESAJE
OPEN_T2	Q0.2	ABRIR TOLVA PULMON
CLOSE_T2	Q0.3	CERRAR TOLVA PULMON
VDF_ON	Q0.4	DOSIFICACION ON
VDF_OFF	Q0.5	DOSIFICACION OFF

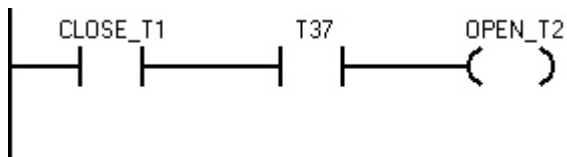
#### INICIO PROGRAMA



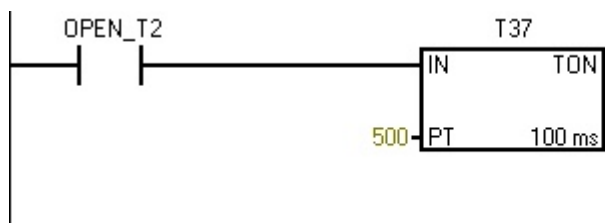
#### VERIFICAR PESO EN TOLVA PESAJE Y SU CIERRE



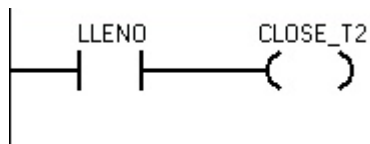
#### ABRIR TOLVA PULMON CUANDO SE CIERRE TOLVA PESAJE



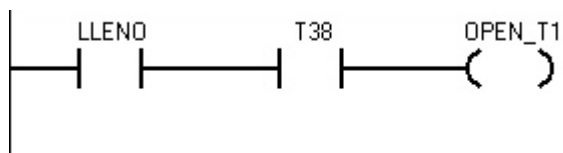
RETARDO DE APERTURA TOLVA PULMON



CERRAR EL PASO DE HARINA A LA TOLVA PESAJE CUANDO ESTE LLENO



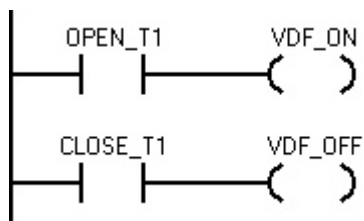
APERTURA DE TOLVA PESAJE AL LLENARSE



RETARDO APERTURA DESCARGA TOLVA PESAJE



TOLVA DE PESAJE Y ACCIONAMIENTO DEL VDF



#### **4.1.4.2 Explicación del programa.**

1.- Se verifica el peso de la tolva de pesaje con los sensores de peso. Si se encuentra vacío la entrada [I0.2] activará la compuerta de cierre en la tolva de pesaje. Se mantendrá abierta si el sensor de lleno [I0.3] está activado o se presiona el botón de paro.

2.- Cuando se cierre la compuerta de la tolva de pesaje [Q0.0], se abrirá la compuerta de la tolva pulmón [Q0.2] para comenzar el llenado.

3.- Si el sensor indica que se ha llenado la tolva de pesaje [I0.3], se cerrará la tolva pulmón acumulando harina [Q0.3].

4.- Una vez que se haya cerrado la tolva pulmón [Q0.3], se activará la apertura de la tolva de pesaje [Q0.1], activando a su vez el START de la bomba dosificadora [Q0.4].

\***observación**, se ha usado un temporizador para esta etapa del programa dado que no sabemos cuánto tardará en descargarse la tolva de pesaje.

Cuando el proceso de vaciado haya terminado se repetirá el ciclo del proceso, ocupando así el cierre de la tolva de pesaje [Q0.0], como un STOP para la bomba dosificadora [Q0.5].

## **4.2 Caudalímetro de Sólidos**

Dado las condiciones del proceso, y que el producto es un sólido, se ha optado por elegir un caudalímetro de sólidos de la empresa Siemens, para medir la cantidad de flujo de harina de pescado en tiempo continuo y así no interrumpir el proceso.

El sensor contiene una placa de impacto por gravedad, debido a esto se modificarán los conductos de los tornillos para que la harina caiga en la placa sensora y así pueda ser detectada por el caudalímetro.

La harina cae en el conducto principal del caudalímetro y fluyen sin obstáculos hacia la placa de impacto, provocando así una deflexión mecánica que se transforma en una señal eléctrica. El transmisor de flujo, permite visualizar la cantidad de caudal y transmitir la señal de salida a 4-20mA proporcional al caudal.

Una vez ya efectuada la medición de caudal, la harina sigue su circulación normal avanzando por el tornillo hacia la etapa siguiente que es el atomizado del antioxidante.

La señal transmitida por el caudalímetro es asignada como entrada al variador de frecuencia, el cual se configura para trabajar a una frecuencia proporcional dependiendo de la señal de entrada. Esta etapa puede hacer posible modificar la velocidad de la bomba P-001.

### **4.2.1 Principio de funcionamiento del caudalímetro**

Los caudalímetros miden continuamente el caudal de materias a granel en un proceso. Miden la fuerza creada por el impacto del producto sólido alimentado por gravedad y la convierten en una señal eléctrica. Esta señal se convierte a caudal y se utiliza para controlar la cantidad de material alimentada en los procesos y las operaciones de mezclado. Los caudalímetros para sólidos

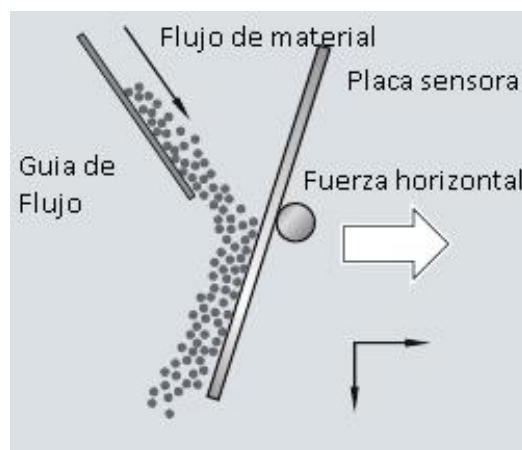
pueden funcionar de forma autónoma, o integrarse en un sistema de control comunicando vía diversos protocolos industriales.

Los caudalímetros se instalan en un proceso alimentado por gravedad. Los sólidos a granel pasan por el conducto principal del caudalímetro, e impactan en la placa sensora, provocando una flexión mecánica. El caudalímetro convierte en señal eléctrica la deflexión que genera la fuerza horizontal y la transmite al integrador electrónico. Basándose en esta señal el integrador calcula el caudal y el peso totalizado del material.

Los caudalímetros se basan únicamente en la fuerza horizontal creada por el impacto del producto en la placa sensora. La fuerza horizontal depende de la masa y de la velocidad de las partículas, del ángulo de impacto en la placa y de las características de amortiguación de las partículas. Los caudalímetros reaccionan a la masa o al peso de material que impacta la placa.



**Figura 31.** Caudalímetro, detalle placa sensora.



**Figura 32.** Modo de operación.

## 4.2.2 Instrumentación del caudalímetro de sólidos

### 4.2.2.1 Caudalímetro de sólidos SITRANS WF100 (Células de carga)

El caudalímetro para sólidos SITRANS WF100 es especialmente apropiado para caudales pequeños y medianos y materias sólidas de diferente tamaño, densidad y fluidez en instalaciones con poco espacio. El WF100 está protegido contra corrosión, desgaste y materiales calientes y cubre una amplia gama de materias sólidas de diferente tamaño, densidad y fluidez (p. ej. polvos finos como el azúcar) y contribuye notablemente a mejorar la calidad del producto final, aumentar la productividad y ahorrar costes. El granulado cae por el conducto de entrada a la placa de impacto, provocando así una deflexión mecánica que se transforma en una señal eléctrica. El granulado fluye sin obstáculos al respectivo transmisor, que calcula el caudal y lo totaliza.

En el Anexo 19, se puede revisar el cuestionario de adquisición para el caudalímetro de sólidos.

#### Ventajas

- Caudales de 3 a 200 t/h (4 a 220 STPH)
- Temperaturas de proceso hasta +65 °C (+150 °F)



**Figura 33.** Caudalímetro para solidos



#### **4.2.2.2 Cabezales de sensor SITRANS WF100**

Los cabezales de sensor SITRANS WF100 son sensores externos para caudalímetros para sólidos de la serie SITRANS WF.

El campo de aplicación de los cabezales de sensor SITRANS WF100 va desde la dosificación de productos hasta el control de alimentación del proceso, pasando por los procesos de carga de lotes. Han demostrado su extrema fiabilidad y durabilidad en multitud de aplicaciones.

Los cabezales de sensor WF miden únicamente la fuerza horizontal causada por el impacto del material sobre la placa desviadora. Esta desviación horizontal es transferida a un transformador diferencial LVDT de máxima fiabilidad.

Unas juntas giratorias sin fricción excluyen la influencia de fuerzas verticales sobre la medición. La desviación del transformador diferencial está amortiguada por muelles en función del caudal máximo. Un amortiguador fluido consigue un movimiento homogéneo en caudales intermitentes.

El transformador diferencial convierte el movimiento horizontal en una señal eléctrica proporcionalmente al impacto. El transductor de medida procesa dicha señal para visualizar el caudal y el peso totalizado. Este tipo de medición de caudal ha demostrado su eficacia en numerosas aplicaciones en todo el mundo.

#### **Detalles**

#### **Caudal**

WF100

Mínimo: 0 ... 0,2 t/h (0 ... 0,2 STPH)

Máximo: 0 ... 40 t/h (0 ... 44 STPH)

## **Ventajas**

- Instalación sencilla gracias a su construcción modular
- Precisión de  $\pm 1\%$  (o mejor) con una elevada reproducibilidad
- Medición del caudal de productos a granel con protección contra el polvo
- Sensores montados externamente para protegerlos de la suciedad
- No hay desviación del cero gracias a la mecánica única de los sensores
- Requiere poco mantenimiento, dado que la placa desviadora está en contacto con el producto
- No perjudica el flujo de material

### ***4.2.2.3 Integrador Módulo de pesaje SIWAREX FTC***

SIWAREX FTC (Flexible Technology for Continuous Weighing) es un módulo de pesaje versátil y flexible para básculas de cinta, básculas dosificadoras diferenciales y caudalímetros para sólidos granulados. Puede emplearse también para la medición de pesos y fuerzas. El módulo electrónico de pesaje SIWAREX FTC está integrado en SIMATIC y aprovecha ventajosamente todas las funcionalidades de este moderno sistema de automatización, como la comunicación integrada, el sistema de diagnóstico y las herramientas de configuración. El módulo de pesaje SIWAREX FTC es la solución ideal allí donde se planteen elevadas exigencias para un pesaje continuado. Debido a las extraordinarias propiedades de medición, pueden medirse pesos hasta en tres rangos de medida con gran precisión. Sus campos de aplicación habituales son la detección de la ocupación de cita, la detección de la capacidad de transporte o del caudal, la detección de volumen del transporte, la carga de material, la regulación PID (básculas dosificadoras diferenciales) y la dinamometría bidireccional. Detalles Integración en sistemas de automatización

S7-400, PCS7, S7-300 mediante ET200M, también directamente en S7-300 Interfaces de comunicación SIMATIC S7 (bus de periférico), RS485, RS 232, TTY Precisión 3 x 6000 d,  $\geq 0,5$   $\mu\text{V/e}$  Resolución interna 16 millones de divisiones Cuota de actualización interna/externa 400/100 Hz Homologaciones ATEX 95, FM, CULUS Haz.Loc.

### **Ventajas**

- Diseño unificado y comunicación homogénea gracias a la integración en SIMATIC S7 y SIMATIC PCS7
- Utilización en conceptos de instalación descentralizados gracias a la conexión a PROFIBUS DP/PROFINET a través de ET 200M
- Medición de pesos o fuerzas con una elevada resolución de 16 millones de divisiones • Alta precisión (0,5  $\mu\text{V}$  por e)
- Alta tasa de medición de 10 ms
- Función parametrizable de las entradas y las salidas
- Parametrización sencilla gracias al programa SIWATOOL FTC a través de la interfaz RS 232
- Registro del desarrollo del pesaje



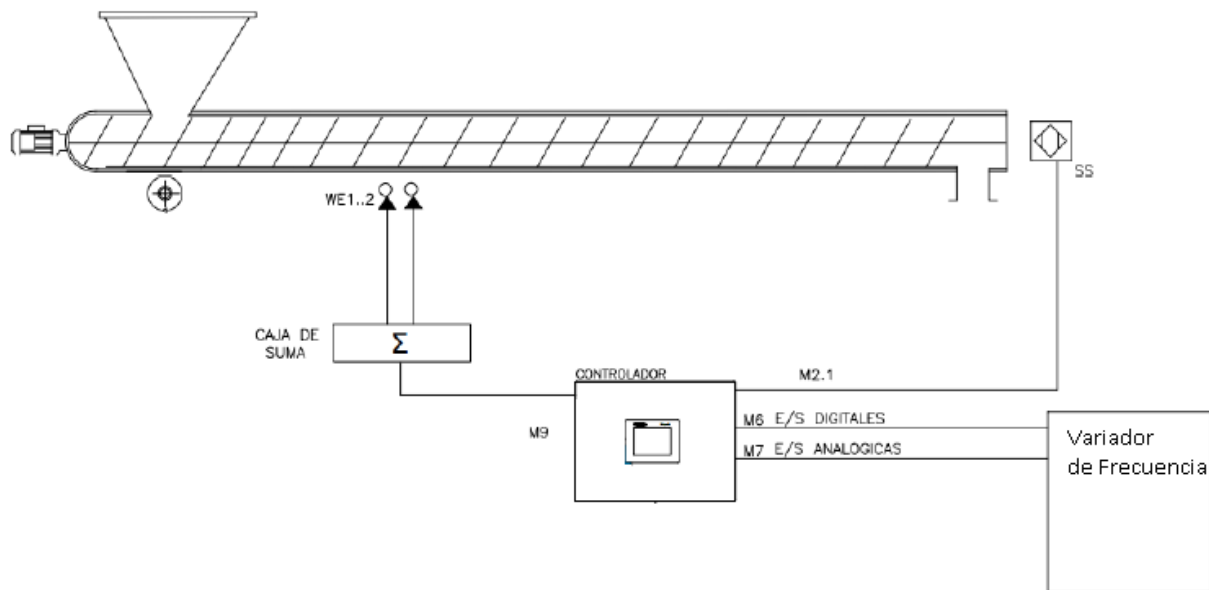
**Figura 34.** Integrador Módulo de pesaje SIWAREX FTC

### 4.3 Tornillo Sinfín de pesaje

Una alternativa para el desarrollo del proyecto consiste en el uso de un tornillo sinfín para transporte de harina de pescado y con un sistema de pesaje para el cálculo del caudal.

Este sistema de pesaje continuo es constituido por las células de carga, un integrador electrónico y un sensor de velocidad para el tornillo sinfín. El transportador sinfín, es sostenido por 4 células de carga de tipo flexión montadas con sus respectivas placas bases, estas células de carga pesan la harina transportada por el tornillo y transmiten una señal al integrador. El integrador también recibe la señal del sensor de velocidad (Encoder) que está montado en el eje del motor del sinfín. Obtenidos estos dos datos el integrador calcula el caudal del material transportado por el sinfín, utilizando la ecuación  $\text{peso} \times \text{velocidad} = \text{caudal}$ .

Como integrador se cotizó un controlador Milltronics con indicador LCD y teclado local, provisto por Siemens, el cual nos asegura una salida analógica de 4-20 mA proporcional al caudal instantáneo del material, en este caso harina de pescado. Tomando esta señal analógica y al ser escalada según la proporción que se requiera, se puede obtener la cantidad de antioxidante necesario para la dosificación según el caudal instantáneo.



**Figura 35.** Diagrama Tronillo sin fin de pesaje continuo

Para llevar a cabo el diseño del sinfín pesador, se puede modificar el transportador que está implementado en el proceso de dosificado, agregando las celdas de carga con sus placas base y un Encoder para la lectura de velocidad del sin sinfín.



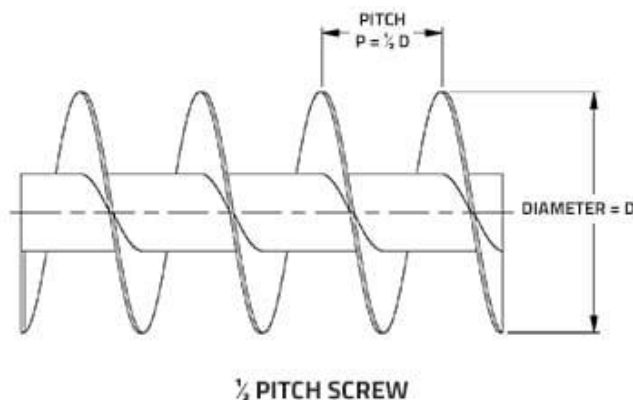
**Figura 36.** Tronillo transportador de la planta

### 4.3.1 Conversión de un tornillo transportador sinfín a un tornillo de pesaje

Un transportador de tornillo sinfín es un mecanismo que utiliza una hoja helicoidal giratoria para mover materiales líquidos, pastosos o sólidos. Es una opción muy popular para el transporte de materiales, ya que la carcasa es hermética al polvo y es ideal para mover materiales en la industria pesquera.

Son utilizados horizontalmente o en una pendiente pronunciada, su construcción contiene una cuchilla enrollada alrededor de un eje que se impulsa en un extremo y se sujeta en el otro, todo esto cubierta por una carcasa.

El diseño del módulo de pesaje requiere información del transportador sinfín, los datos que se requieren son el largo, el diámetro, el pitch y la velocidad que gira.



**Figura 37.** Pitch y diámetro de un tornillo sinfín

El Pitch, es la distancia que hay entre dos hilos adyacentes, este valor será utilizado para programar el integrador. El valor es de **0.2 m**.

El Largo del tornillo es de **5m**.

El diámetro del tornillo es de **0.4m**.

La velocidad angular es de **60 rpm**.

La distancia entre los puntos de soporte es de **3m**.

Se puede convertir el tornillo transportador en un tornillo gravimétrico agregando celdas de carga y un dispositivo de detección de velocidad. Tal conversión puede proporcionar precisiones de hasta 1-3%.

#### ***4.3.1.1 Consideraciones***

El tornillo transportador horizontal es el que ofrece mayor potencial para conversiones gravimétricas, esto porque es mejor para mantener un flujo constante de material. No así en su versión inclinada, donde cualquier variabilidad en la tasa de movimiento del material disminuirá la eficiencia del tornillo pesador.

Tomando en cuenta esto, es preciso revertir la inclinación del tornillo instalado para dejarlo de una forma totalmente horizontal.

#### ***4.3.1.2 Información requerida***

Se necesitará la siguiente información para la construcción del tornillo pesador.

- 1.- Peso del transportador de tornillo cuando esté vacío: 1200kg aproximado
- 2.- Longitud del transportador: 5m
- 3.- Diámetro del transportador: 40cm
- 4.- Revoluciones por minuto que el tornillo está girando: 60rpm
- 5.- Peso del material en el transportador de tornillo durante el funcionamiento normal: 150kg
- 6.- Densidad a granel del material: 0.45t/m<sup>3</sup>

### 4.3.2 Instrumentación del tornillo de pesaje

#### 4.3.2.1 Celda de carga, capacidad

Como se dijo en el capítulo anterior una célula o celda de carga es un transductor utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. La conversión entre la fuerza y la señal eléctrica es posible mediante el uso de galgas extensiométrica como sensores de deformación.

La galga al ser sometida a una deformación mediante una fuerza, produce una variación en su resistencia eléctrica.

La capacidad mínima de la celda de carga se debe calcular de la siguiente manera.

Peso del transportador tornillo + Peso del material en el transportador = 1350 kg

Peso Total x 1.25%(factor de seguridad) =  $1600 \times 1.25 = 2000$  kg

Peso Total / 4 =  $1687.5 / 4 = 422$  kg

Por lo tanto la carga nominal de la celda que utilizaremos será de 500kg

Otro factor a tener en cuenta es que la carga del material debe ser al menos 10% de la capacidad de la celda de carga para que funcione de forma adecuada:

Peso del material en el transportador / Carga =  $150 / 500 \times 100 = 30$  %

Por lo que la capacidad de la celda es adecuada.

La Célula de carga de flexión de viga o en inglés *bending beam cell*, se sujeta al soporte mediante dos pernos en uno de los extremos y la fuerza se aplica en el lado opuesto. Se utiliza en básculas de plataforma y para cinta transportadora, en aplicaciones de dosificación, medición de nivel y aplicaciones de pesaje. Tiene una carga nominal de 500 kg y tiene un diseño compacto y fácil de instalar.





**Figura 38.** Celda de carga con su módulo de montaje más silentblock.

Para evitar vibraciones producidas por el giro del sinfín que pueden perjudicar la medición de peso por parte de las celdas de carga, el conjunto de placas bases para el montaje de celdas de carga contienen un “silentblock”, este bloque fabricado de un material flexible o elastómero tiene la función de absorber las vibraciones que se producen en el transportador.



**Figura 39.** Ejemplo de uso de celdas de carga en un transportador de tornillo

Al utilizar dos (o más) células de cargas es necesario instalar una caja sumatoria, el circuito de esta caja consiste en conectar una resistencia variable en serie con cada una de las celdas. Con el uso de este potenciómetro se puede ajustar la salida de las celdas de carga hasta que en cada punto de apoyo del tornillo la lectura sea igual o dentro del margen de error, en otras palabras iguala la sensibilidad. En nuestro caso la sensibilidad de las celdas se calibra automáticamente con el uso del integrador, paso que se verá más adelante.

Antes de llegar al integrador la señal en mV es amplificada por un amplificador de señal de peso, el amplificador está integrado en la caja de conexionado.

#### ***4.3.2.2 Sensor de Velocidad***

Para poder realizar la lectura de velocidad del sinfín, es necesario utilizar un Encoder óptico para montar en el eje del motor del sinfín.

Un dato a tener en cuenta es la resolución, 500 PPR (pulsos por revolución) este valor se utilizara para programar el integrador.



**Figura 40.** Encoder óptico

Las salidas del Encoder y las celdas de carga llegan a una caja de conexiones, que funciona hasta para 4 celdas de carga y sensor de velocidad. Esta caja de conexiones funciona de sumador y amplificador para la señal de peso.

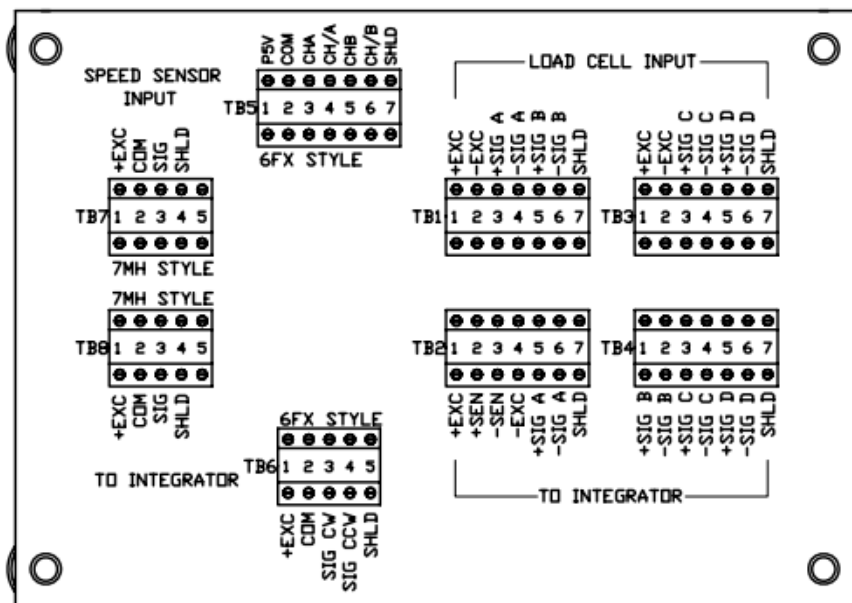


Figura 41. Diagrama de pines para la caja de conexiones.

#### 4.3.2.2 Integrador

Las señales de pesaje y velocidad del transportador son procesadas por el integrador dando una lectura del caudal instantáneo. Los valores de peso, velocidad y caudal pueden visualizarse en el display o bien obtenerse por la salida analógica.



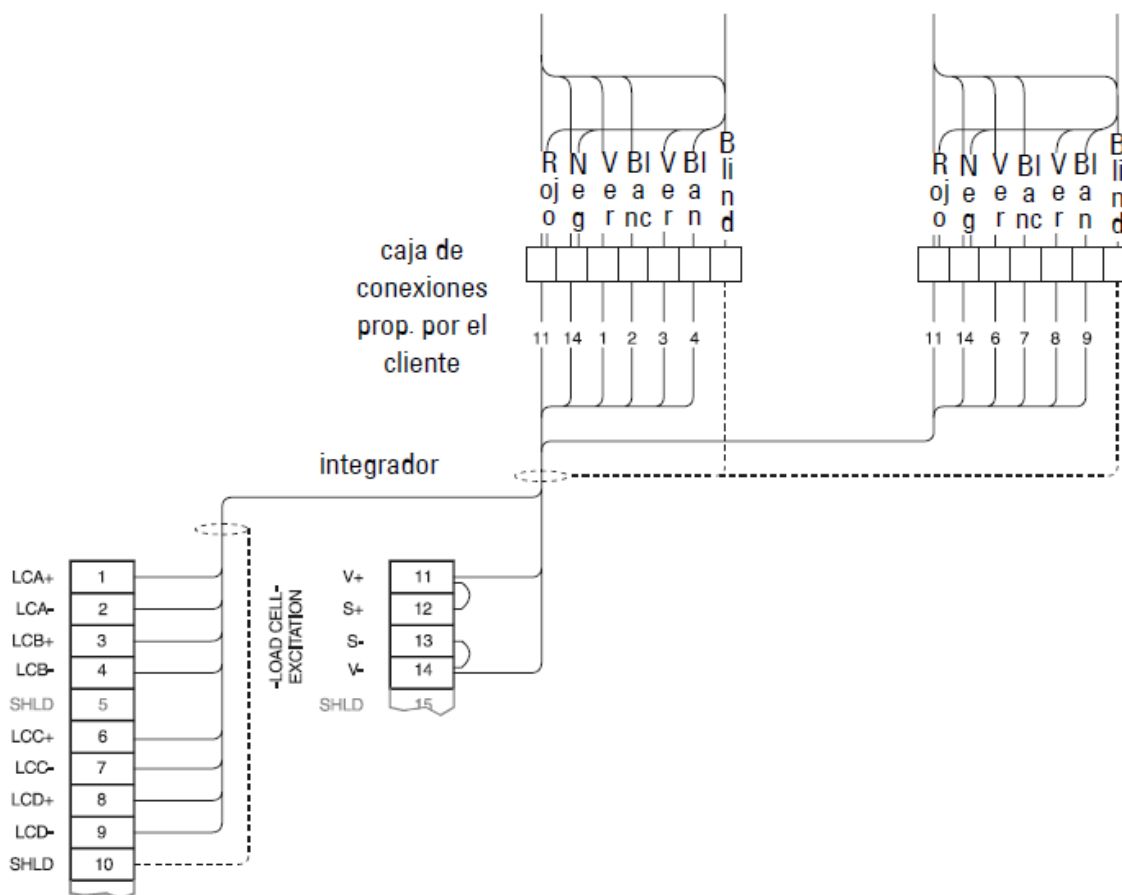
Figura 42. Integrador Siemens BW500

### 4.3.3 Conexionado

En este apartado se muestran las conexiones para los componentes desde la caja de terminales (figura 37), hasta el integrador BW500. Los diagramas fueron obtenidos de los respectivos manuales de operación.

#### *Báscula – Cuatro celdas de carga*

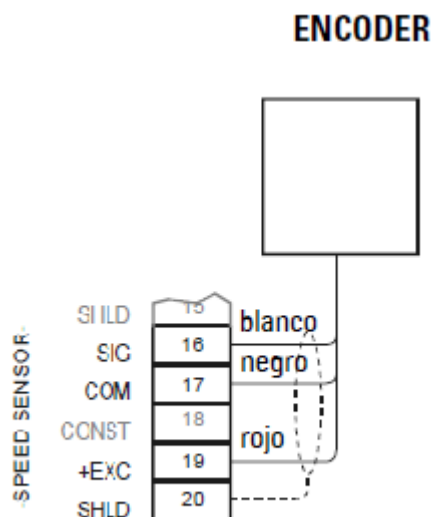
Conexionado de cuatro celdas de carga, su alimentación, y los pines de entrada en el integrador.



**Figura 43.** Diagrama de conexiones de celdas de carga y entrada del integrador BW500.

**Sensor de velocidad**

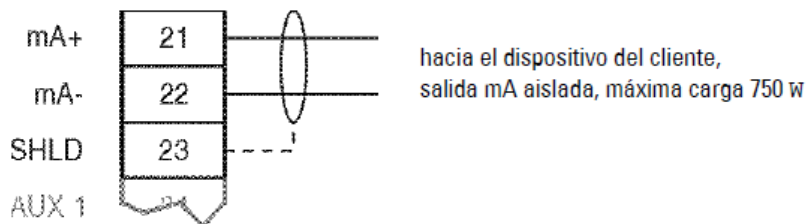
Como sensor de velocidad se utilizará un Encoder óptico, la documentación de este instrumento se encuentra adjunto en los anexos.



**Figura 44.** Diagrama de conexiones para la entrada de un sensor de velocidad.

**Salida Analógica**

El integrador posee una salida analógica 4-20mA configurable para que sea proporcional al caudal obtenido, esta salida se utilizara para controlar el variador de frecuencia.

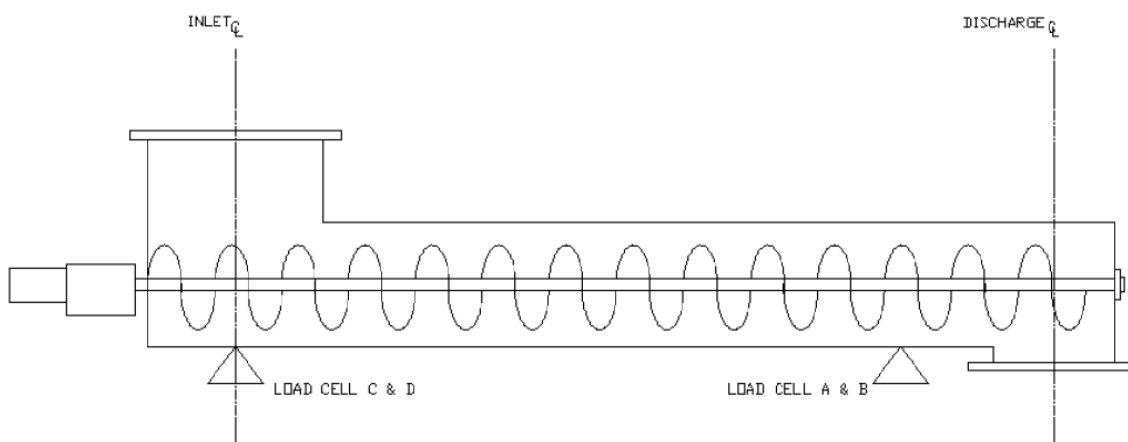


**Figura 45.** Diagrama de conexiones para la salida analógica.

#### 4.3.4 Instalación y configuración

Las instrucciones para un correcto montaje son las siguientes:

- 1.- Las celdas de carga deben montarse en los puntos de soporte del transportador en las cuatro esquinas con la carga distribuida uniformemente.
- 2.- El sensor de velocidad debe montarse en el eje del motor del tornillo transportador.
- 3.- La caja de terminaciones debe montarse en un lugar local, pero no directamente en el transportador.

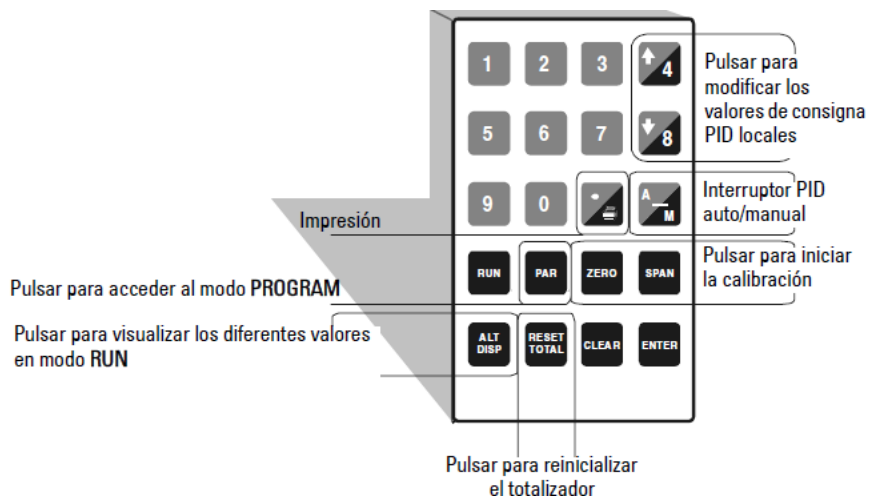


**Figura 46.** Esquema de un tornillo transportador con 4 celdas de carga.

- 4.- Conectar las celdas de carga a la caja de terminaciones. Las celdas de carga en la descarga serán “A” y “B”, las celdas de carga en la entrada serán “C” y “D”.
- 5.- Conectar el sensor de velocidad a la caja de terminación.
- 6.- Conectar la caja de terminación al integrador BW500.
- 7.- Programe el integrador BW500.

**Acceder al modo PROGRAM.**

Los parámetros del modo PROGRAM definen la calibración y el funcionamiento del integrador BW500. El modo PROGRAM permite al usuario visualizar y modificar los valores de los parámetros.



**Figura 47.** Botonera del integrador BW500 con sus

Pulsar  Seleccionar los parámetros con las teclas  y .

**Parámetro P002** = Referencia de prueba, seleccionar (1)

P002 Selección prueba de referencia	V
Seleccionar 1-Peso, 2-Cadena, 3-Ecal	1

**Parámetro P003** = Número de celdas de carga, seleccionar (4)

P003 Número de células de carga	V
Introducir el número de células de carga	2

**Parámetro P014** = Velocidad, ingresar (12 m/min) o bien (0,2 m/seg)

Un giro completa del Pitch del tornillo se llama revolución.

60 rpm multiplicados por la distancia del Pitch 0.2 m = 12 m/min

<b>P014 Velocidad de referencia</b>	<b>V</b>
Introducir el velocidad	0,00 m/s

**Parámetro P015** = Constante de velocidad, ingresar (**2500 impulsos/metro**)

Encoder PPR / Pitch = 500 / 0.2 = 2500 impulsos/metro

<b>P015-01 Const. de velocidad</b>	<b>E</b>
Impulsos/m	0.0000

**Parámetro P016** = Longitud del tornillo, ingresar (**5m**)

Línea central de la entrada hasta la descarga

<b>P016 Longitud de la cinta</b>	<b>E</b>
Introducir la longitud	0.000 m

**Parámetro P017** = Carga patrón o carga de prueba, ingresar (**12.5kg/m**)

Peso total de las pesas patrón/ distancia entre las celdas = 37.5kg/3m = 12.5kg/m

<b>P017 Carga patrón: Peso MS 1</b>	<b>V</b>
Introducir pesa patrón	0,00 kg/m

Estos son los requisitos iniciales de la programación.

8.- Equilibre las celdas de carga siguiendo las instrucciones.

***Equilibrado de las celdas de carga***

Se ajusta automáticamente la sensibilidad de las celdas de carga para equilibrar el peso.

Acceder al **Parámetro P295** = Ingresar (**2**), para 4 celdas de carga.

<b>P295 Equilibrado de las células de carga:</b>	<b>E</b>
Seleccionar: 1-A&B, 2-C&D	0



Ingresar Pesos de prueba (**37,5kg**) encada una de las celdas de carga y presionar ENTER en el siguiente orden. B-A-D-C.

**Equilibrado de las células de carga A&B**  
**Colocar el peso en la célula B y pulsar**  
**ENTER**

9.- Realice una calibración cero con el tornillo funcionando sin carga.

**Calibración de cero**

Criterios de calibración:

- El tornillo debe estar vacío.
- La calibración de cero se realiza sin las pesas patrón.
- El transportador debe estar accionado funcionando a velocidad normal.

Pulsar 

**Calibración del cero: cero actual** 0 conteo del cero actual  
**Limpiar banda. Pulsar ENTER**

Pulsar  y esperar la calibración. Ej:

**Calibr. efectuada. Desviación** 0.00 desviación respecto al cero precedente. Un cero inicial no tiene cero precedente (desviación = 0).  
**Pulsar ENTER para aceptar valor:** 551205 ejemplo: nuevo conteo del cero, si aceptado

Al ser la primera calibración de cero nos arroja un valor que corresponde al peso del tornillo vacío, este valor será nuestro nuevo cero actual. Presionar nuevamente **Enter**.

**Calibración de cero. Cero actual** 551205 ejemplo: nuevo conteo del cero, si aceptado  
**Limpiar banda. Pulsar ENTER**

Aceptamos este valor y queda configurado el valor de cero.

10.- Salida analógica

**Parámetros Salida analógica 4-20mA**

El BW500 proporciona una salida analógica. La salida se puede programar para obtener el caudal, la carga o la velocidad. El instrumento permite programar el valor de 0-20mA o 4–20 mA. El valor de 4mA corresponde al valor de cero y el 20mA corresponde al valor de referencia asignado.

**Parámetro P011** = Caudal de referencia

Define el caudal de referencia del material para el tornillo. Corresponde al caudal máximo cuya salida será 20mA.

Ingresar **20000 kg/h**

**Parámetro P200** = Rango de salida analógica

Define el rango de salida analógica.

Ingresar **(2)** = 4-20mA

**Parámetro P201** = Función de salida analógica

Ingresar **(1)** = caudal

**Parámetro P212** = Salida analógica mínima

Límite mínimo para la salida, rango 0-22

Ingresar **(4)**

**Parámetro P213** = Salida analógica máxima

Límite máximo para la salida, rango 0-22

Ingresar **(20)**

11.- Solo queda realizar un ensayo de prueba con material y verificar que las salidas funcionen correctamente.

### 4.3.5 Configuración Variador de Frecuencia

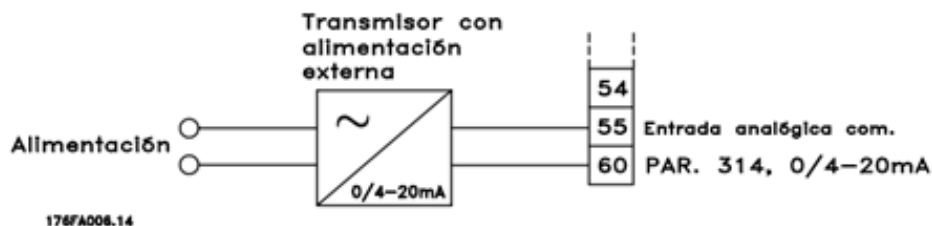
En este capítulo se presentará la configuración necesaria para el variador de frecuencia, solo se presentarán los parámetros que se modificarán para llevar a cabo el control automático de velocidad mediante entrada análoga 4-20 mA.

#### 4.3.5.1 Configuración de entradas y referencias

Utilizando una referencia única, sólo se conecta una señal de referencia activa, ya sea en forma de referencia externa o interna.

Las referencias externas pueden ser tensión, intensidad, frecuencia (pulsos) o binarias.

En nuestro caso se utilizará la entrada 60, que es la entrada analógica de intensidad.



Parámetro 314 = Referencia [1], Señal de realimen. [2]

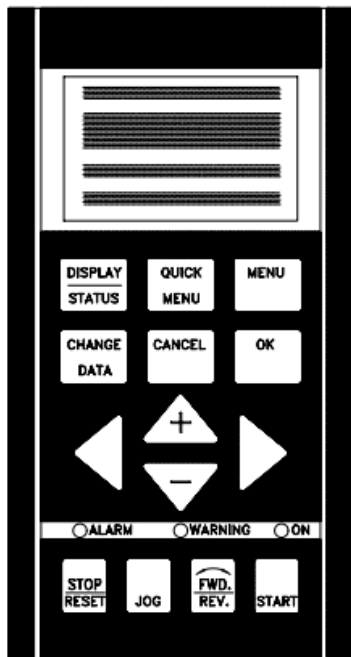
Parámetro 315 = Terminal 60, escalado mín.

Parámetro 316 = Terminal 60, escalado máx.

**Figura 48.** Conexión entrada análoga para el variador de frecuencia.

#### 4.3.5.2 Panel de control

El panel de control local proporciona un interface completo para el funcionamiento y control del VLT serie 5000.



**Figura 49.** Panel de control  
Variador de frecuencia.



**Figura 50.** Display del variador de frecuencia.

#### **4.3.5.3 Modo de Menú**

El modo de menú se inicia presionando la tecla [MENÚ], la línea 3 del display muestra el número y el nombre del grupo de parámetros.

#### **4.3.5.4 Selección de Parámetros**

En el modo menú los parámetros se dividen en grupos. La selección de un grupo de parámetros se realiza por medio de las teclas [◁>]. Cuando se seleccione el grupo de parámetros deseado se puede elegir cada parámetro con las teclas [+/-].

#### **4.3.5.5 Cambio de datos**

Al presionar la tecla [CHANGE DATA], tiene acceso a cambiar el parámetro seleccionado.

**Tabla 3.** Parámetros del Variador de Frecuencia Danfoss.

<b>Nº de grupo</b>	<b>Grupo de parámetros:</b>
0	Funcionamiento y display
1	Carga y motor
2	Referencias y límites
3	Entradas y salidas
4	Funciones especiales
5	Comunicación serie
6	Funciones técnicas
7	Opciones de aplicación
8	Perfil de Fieldbus
9	Comunicación con Fieldbus

#### **4.3.5.6 Configuración de Parámetros**

##### **Parámetro 100 Configuración**

Control de velocidad en lazo abierto (LAZO ABIERTO VELOC.) [0]

Función: Este parámetro se utiliza para seleccionar la configuración a la que se va adaptar el convertidor VLT.

Descripción de opciones:

Si se selecciona Control de velocidad en lazo abierto [0], se obtiene una regulación normal de la velocidad, con compensación automática que asegura una velocidad constante en cargas variables.

##### **Parámetro 204 Referencia mínima**

Función: Da el valor mínimo que puede establecerse por la suma de todas las referencias.

Referencia mínima solo está activada si se ha ajustado *Mín – Máx* [0] en el parámetro 203.

Ajuste el valor requerido:

Control de velocidad en lazo abierto: 10 Hz

### **Parámetro 205 Referencia máxima**

Función: Proporciona el valor más alto que puede establecerse por la suma de todas las referencias.

Ajuste el valor deseado:

Control de velocidad en lazo abierto: 70 Hz

### **Parámetro 314 Terminal 60, intensidad. De entrada análoga**

Valor: Referencia (REFERENCIA) [1]

Función: Este parámetro elige entre las distintas funciones disponibles en el terminal 60. El escalado de la señal se realiza en los parámetros 315 y 316.

Descripción de opciones:

Se selecciona referencia para activar el cambio de referencia por medio de una señal de referencia analógica.

### **Parámetro 315 Terminal 60, escalado mín. (ESCALA MIN AI 60)**

Valor: 4 mA

Función: Este parámetro ajusta el valor de la señal de referencia que debe corresponderse con el valor de referencia mínimo ajustado en el parámetro 204.

Descripción de opciones:

Ajuste el valor de intensidad deseado.

### **Parámetro 316 Terminal 60, escalado máx. ESCALA MAX AI 60)**

Valor: 20 mA

Función: Este parámetro ajusta el valor de la señal de referencia que debe corresponderse con el valor de referencia máximo ajustado en el parámetro 205.

Descripción de opciones:

Ajuste el valor de intensidad deseado.

## **4.4 Análisis y conclusión del Capítulo**

En este capítulo se ha descrito las formas de pesaje de harina y dosificación de antioxidante para el producto final. Se han investigado tres métodos que solucionan el problema que ocurre en planta de harina, se describen y detalla la ingeniería de cada uno de estos, concluyendo que cada uno de los métodos es posible de llevar a cabo, no obstante, no todos tienen la misma instrumentación y costos.

El sistema de pesaje continuo compuesto de tolvas pesadoras para harina de pescado logra un eficaz control en la producción, la reducción de gastos en materia de ahorro de antioxidante, mano de obra y controla de con gran exactitud el flujo de material que circula. Además de tener el control de llenado, al vaciar el contenido total de la tolva es igual a un maxisaco lleno.

El principal problema de esta idea es que no se tiene la estimación del tiempo que demora el llenado de la tolva principal, el cual al ser de un largo periodo resultará en la pérdida de continuidad en la producción, o por el contrario si el llenado resulta muy rápido la capacidad de la tolva puede colapsar si la velocidad de descarga del material resulta ser muy lenta. Se necesitaría una

realimentación del producto, para que siga circulando mientras se descargan las tolvas para ser llenadas nuevamente.

Otro factor en contra es el gran tamaño que utilizaría, tendría que reestructurar el lugar de trabajo, mover de lugar los transportadores de tornillos, ralentizando su instalación. Además el sistema resulta de un elevado costo lo que lo hace poco rentable si es que no es un proyecto de prioridad.

El sistema de pesaje con uso de un caudalímetro de sólidos era la primera propuesta en un principio, hacer uso de un sistema de pesaje en tiempo continuo con poca intervención en la planta era factible para nuestra investigación. Comprar un sistema acondicionado e instalarlo era una solución, sin embargo, esto dejó de ser una solución debido a los elevados costos y poca información de los detalles de parte de los proveedores, obligándonos a buscar otras formas de pesaje.

Al utilizar como sistema de pesaje continuo, un tornillo transportador sinfín acondicionado con células de cargas para la medición de peso y así obtener el caudal instantáneo de la harina de pescado, tiene como ventaja ser un método menos invasivo, se utilizan los mismos instrumentos ya instalados en la planta y los equipos nuevos son de un tamaño menor, de fácil instalación y de un precio mucho menor en comparación al sistema de tolva báscula.

La información disponible para este método está mucho más accesible y su aplicación en industrias es muy común, la programación del integrador de peso es muy intuitiva, tomando la salida análoga y escalándola en el variador de frecuencia según la proporción requerida se puede suministrar utilizando la bomba dosificadora el porcentaje de antioxidante según el caudal instantáneo.



## Conclusión

Como resultado de la investigación realizada en nuestro trabajo de título, se abarcó desde la forma general del proceso productivo en la industria pesquera para el desarrollo de aceite y harina de pescado, hasta ver en detalle el sistema dosificador de antioxidante empleado. Como parte del marco teórico estuvo la explicación del porqué de la importancia de esta etapa en la producción de harinas, para adentrarnos en la necesidad de mejorar su eficiencia.

La tarea de estudiar un método que pudiese automatizar esta etapa, deja como resultado tres posibles soluciones, explicando cada una de ellas para compararlas y ver las ventajas, su método de funcionamiento, además de agregar anexos con estimaciones de costos y el detalle de los instrumentos necesarios para su desarrollo. El análisis de estas soluciones dejó como conclusión el que, según nuestro criterio, la propuesta más viable para la solución al problema, es la de utilizar un tornillo transportador con un sistema de pesaje para medir el caudal de la harina, la información encontrada para el desarrollo de este método de medición fue muy beneficiosa, desde la forma para convertir un tornillo transportador en un sistema de pesaje agregándole celdas de carga, el cómo elegir la capacidad de las celdas de carga, también la instalación y programación del integrador de peso. Además de incluir el cómo programar el variador de frecuencias instalado para su funcionamiento con entrada análoga y como escalar la velocidad de bombeo en proporción al caudal transportado.

El uso de este método de medición de flujo en industrias procesadoras de materiales a granel es común, como variante se usa una cinta transportadora con sistema de pesaje en vez de tornillos sinfín, pero su método de funcionamiento es el mismo.

## Bibliografía

Food and agriculture organization of the united nations. (1986).

*The production of fish meal and oil*

Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/003/x6899e/X6899E00.htm>

FoodCorp S.A. (2014). *Comunicación sobre Progreso COP*

Recuperado de: [http://www.fcc.cl/documentos/FoodCorp\\_COP\\_PG\\_2013-2014\\_SP.pdf](http://www.fcc.cl/documentos/FoodCorp_COP_PG_2013-2014_SP.pdf)

Fishmeal Quality Specifications

Recuperado de: [http://www.fcc.cl/Fishmeal\\_Fishoil.html](http://www.fcc.cl/Fishmeal_Fishoil.html)

Camanchaca. *Proceso Productivo*

Recuperado de: <http://www.camanchaca.cl/productos/harina-aceite/>

J. Amich Galí (1955). *Producción características utilización harina pescado*

Barcelona, España. Editorial: E.O.P.R.O

Manual de operación Controlador Novus N2000

Recuperado de: <https://www.novusautomation.com/downloads/>

Catálogo Danfoss VLT serie 5000. (2012)

Recuperado de: <http://drives.danfoss.us/workarea/downloadasset.aspx?id=17179911542>

Creus Solé, Antonio (2010). *Instrumentación industrial. 8va Edición.*

Barcelona, España. Editorial: Alfaomega

Catálogo Quantum Series Español (2015).

Recuperado de: <https://www.vortexglobal.com/quantum-valves/>

Jimenez Montalba, Seminario de título (2014). Análisis de la Red de Aire Comprimido.

Planta de Harina Camanchaca S.A. Recuperado de:

[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1400/1/Jimenez\\_Montalba\\_Diego.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1400/1/Jimenez_Montalba_Diego.pdf)

Material Characteristic Guide

Recuperado de: [https://es.omega.com/green/pdf/MaterialChar\\_Guide.pdf](https://es.omega.com/green/pdf/MaterialChar_Guide.pdf)

Especificaciones Aceros inoxidable 316y 304

Recuperado de: [http://www.nks.com/es/distribuidor\\_de\\_acero\\_inoxidable/](http://www.nks.com/es/distribuidor_de_acero_inoxidable/)

Catálogo SIEMENS en español.

Recuperado de: <https://mall.industry.siemens.com>

DPF Sensors, Células de carga

Recuperado de: <http://www.guemisa.com/carga/docus/celulas%20de%20carga.pdf>

Glosario de Términos, Sensibilidad de HBM . Recuperado de:

<https://www.hbm.com/es/3638/kennwert/>

Sistemas de Pesaje continuo, Basculas Mor

Recuperado de: <http://www.basculasmor.com/download/sistemas-pesaje-continuo.pdf>

Cotizaciones PLC y Módulos, PLC city

Recuperado de: <https://www.plc-city.com>

Cotizaciones Tornillo Transportador Dosificador

Recuperado de: <https://vidmargroup.com>

Guía de Aplicación, Conversión a Tornillo de Pesaje

Recuperado de: <https://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems>

[/SiteCollectionDocuments/wt/application\\_guides/AG060914\\_EN.pdf](/SiteCollectionDocuments/wt/application_guides/AG060914_EN.pdf)

Milltronics BW500 Integrador, Manual del Usuario

Recuperado de:

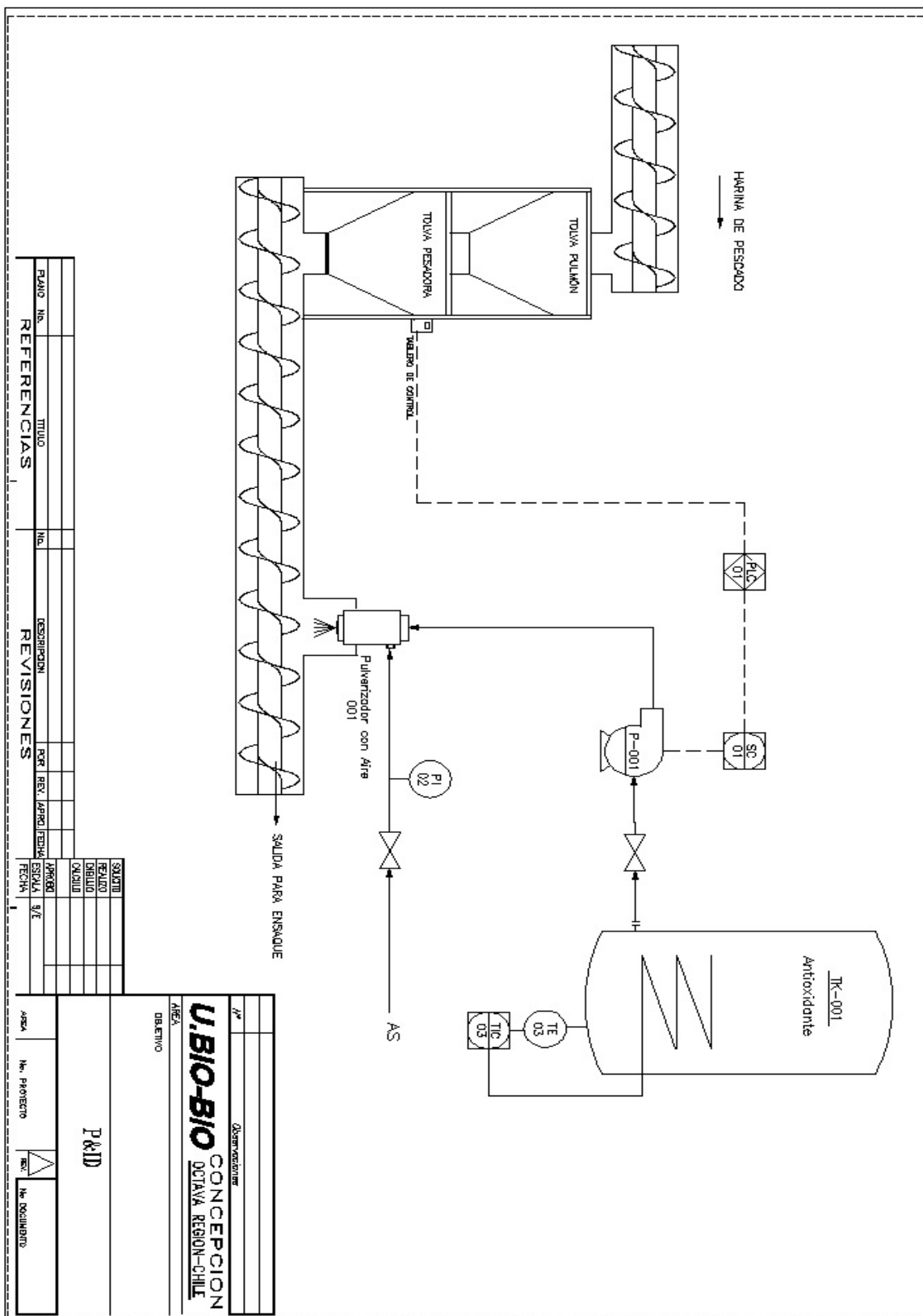
<https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/18252870/7ML19985DK23.pdf>

W. Deppert y K. Stoll. (1982). *Dispositivos neumáticos*. Barcelona, España

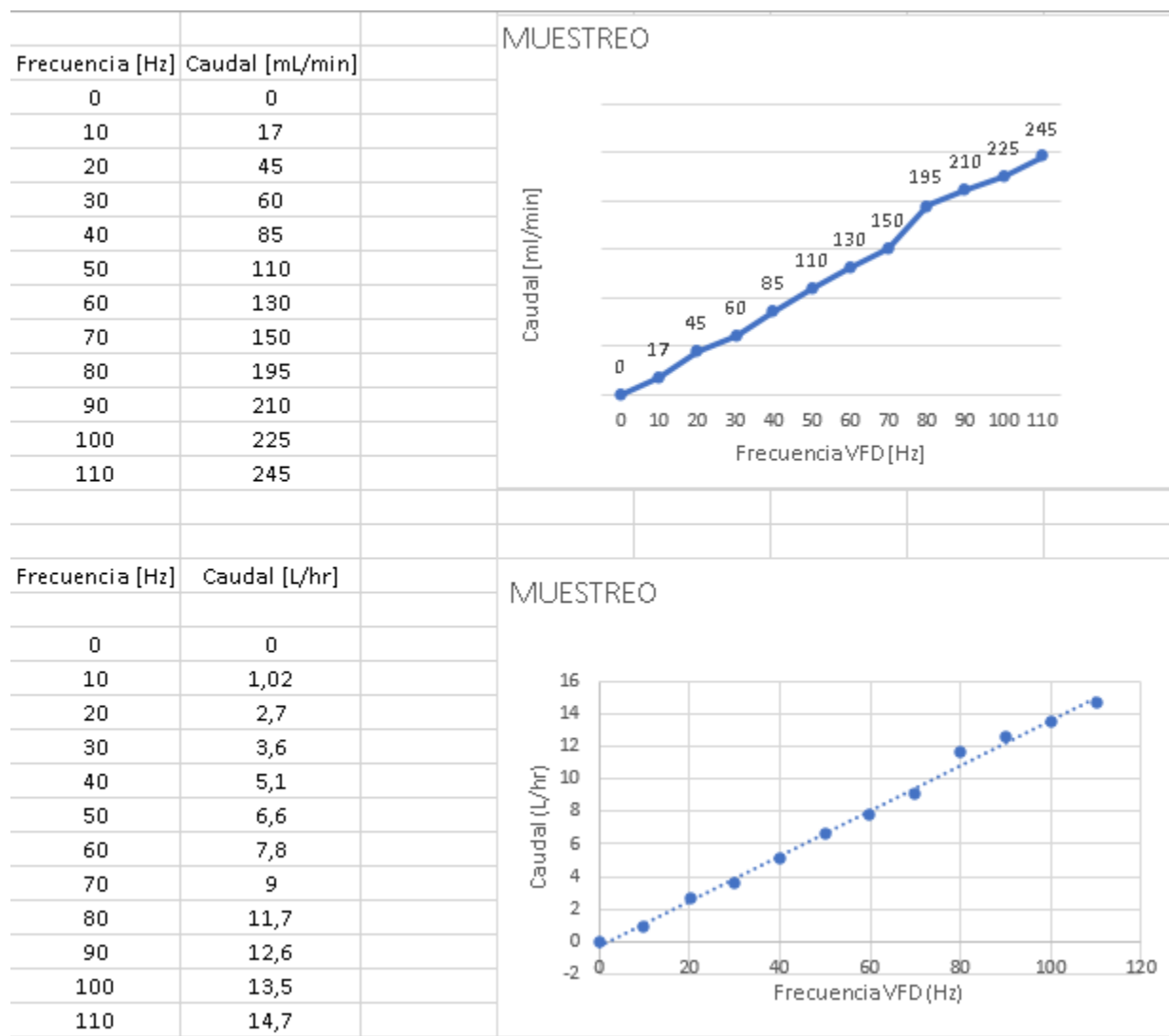
Atlas Copco.(2011). *Manual de aire comprimido*, 7° ed.



Anexo 2: P&ID Propuesta Tolva de pesaje Continuo



### Anexo 3: Caudal Bomba Dosificadora



**Anexo 4: Formulario de construcción para tolva pesadora****Tabla 4.** Diseño tolva.

<b>Medidas y Características de diseño</b>	
Tipo de Tolva	Piramidal, de lados cuadrados.
Medidas Sección inferior o boquilla	0.254m x 0.254m x 0.15m
Medidas Sección superior	2.254m x 2.254m x 0.73m
Medidas Pirámide	Altura 1m
Angulo de inclinación	45°
Volumen Pirámide	1.90584 m <sup>3</sup>
Volumen Sección Superior	3.70877668 m <sup>3</sup>
Volumen Sección Inferior	0.0096774 m <sup>3</sup>
Volumen Total	5.624303 m <sup>3</sup>
Capacidad Total	2531 kg



**Anexo 5. Formulario de cotización para válvula de guillotina****Tabla 5.** Cotización válvula

---

**Cotización “Roller Gate”**

---

1.- Material a manejar	Harina de pescado
2.- Granulometría	98%
3.- Densidad Aparente	0,45[gr/ml] ; 450[Kg/m3]
4.- Contenido de Humedad	10%
5.- Temperatura Entrada	30°C máximo
6.- Características del material	Higroscópico
7.- Accionamiento de la Válvula	Neumático
8.- Voltaje de Control del Actuador Neumático	24VDC
9.- Debe ser Clasificada ATEX?	Sin clasificación ATEX
10.- Tamaño de entrada y salida de la válvula	10” cuadrada
11.- Material del Cuerpo de la válvula	Acero inoxidable 316
12.- Material de las partes de la válvula en contacto con la harina de pescado.	Acero inoxidable 316

---

*Fuente: Technical Sales, Ingeniería y Maquinarias S.A*

**Anexo 6. Cotización de Instrumentación Tolva de pesaje Continuo**

Las cotizaciones realizadas en el extranjero no incluyen gastos de envío ni impuestos.


**Tabla 6.** Estimación de gastos **Tolva de pesaje Continuo.**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Precio Unitario</b> <b>Pesos Chilenos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total</b>
1	Tolva Acero Inox	mypequipos	3.250.000	2	6.500.000
2	Roller Gate Valve 10” neumática	Vortex	1.300.000	2	2.600.000
3	Celda de Carga SIWAREX WL250	SIEMENS	280.000	4	1.120.000
4	Caja de Conexionado JB Inox	SIEMENS	250.000	1	250.000
5	Módulo Electrónico WP321	SIEMENS	380.000	1	380.000
6	PLC ET 200 SP	SIEMENS	250.000	1	250.000
<b>Precio Total</b>					<b>\$11.100.000</b>



**Anexo 8. Datasheet n°2 Módulo de pesaje**

**MÓDULO ELECTRÓNICO DE PESAJE**

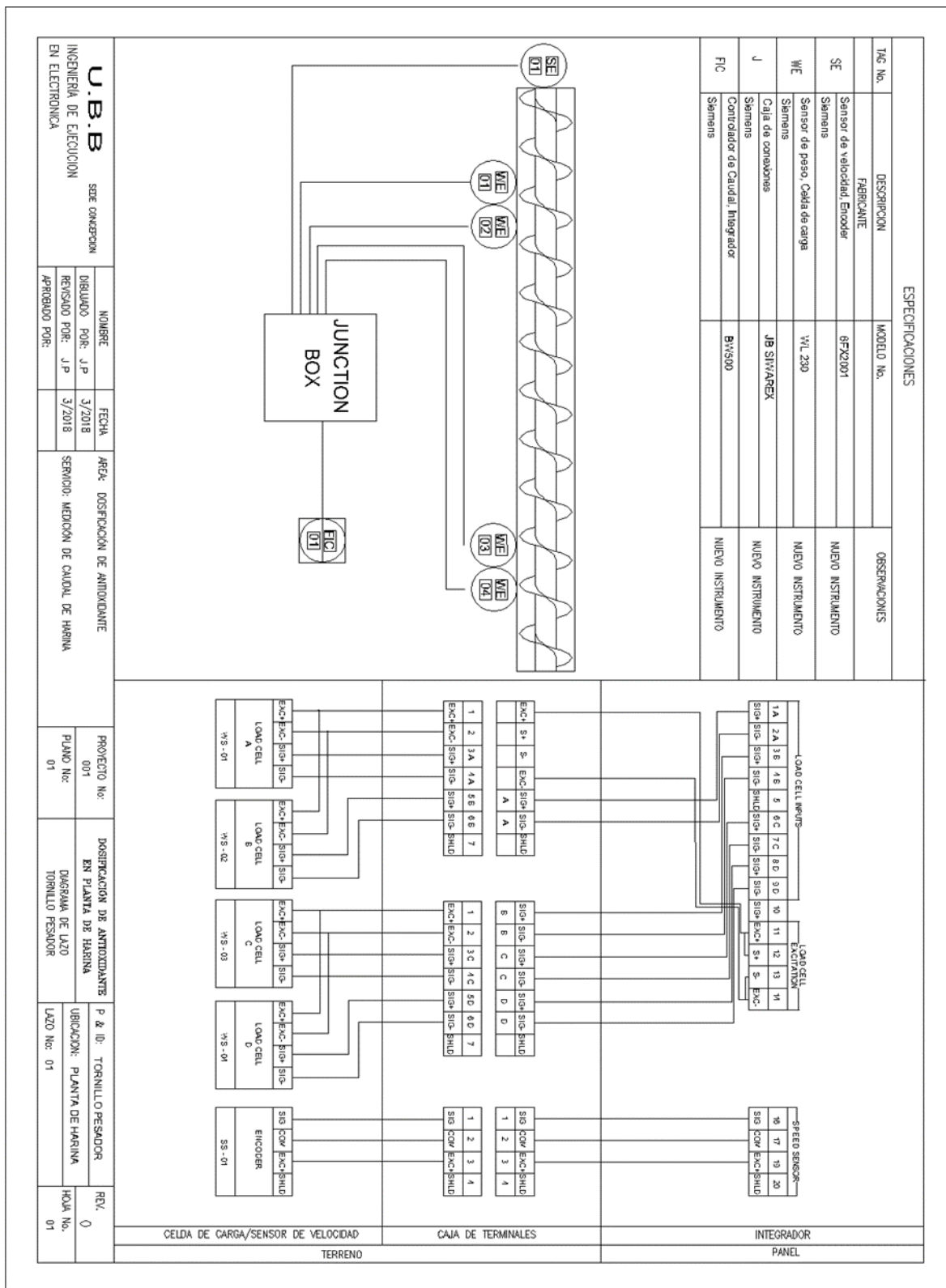
PARA  UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO		PROYECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 2 TAG: P&ID Tolva Báscula
	Servicio	TOLVA BÁSCULA DE PESAJE CONTÍNUO	
	Tag N°		
	Función	DETERMINAR EL VALOR ACTUAL DEL PESO SEGÚN LA SEÑAL DEL SENSOR	
GENERAL	1	Tipo	Módulo electrónico de pesaje
	2	Dimensiones	15mm. (ancho)
	3	Alimentación	Tensión Nominal 24VDC
	4	Comunicación	Bus de fondo SIMATIC ET 200SP / RS 485
	5	Precisión de medida	0.05%
	6	Frecuencia de medida	100/120 Hz
	7	Aplicación Típica	Básculas no automáticas, medidas de fuerza, vigilancia nivel de llenado
	8	Funciones de Pesaje	Valores de peso: Bruto, Neto
	9	Celdas de carga	Puentes completos a galgas extensiométricas con conexión de 4 a 6 hilos
	10	Alimentación Celdas	4,85VDC
	11	Sensibilidad Celdas	1-4mV/V
	12	Rango admisible señal	- 21.3 a 21.3mV
	13		
	14		
OPCIONES			
15	MFR & Model N°	SIEMENS SIWAREX WL250 ST-S SA	
Notes:		Rev	Date
		0	1-03-2018

**Anexo 9. Datasheet n° 3 Válvula de guillotina**

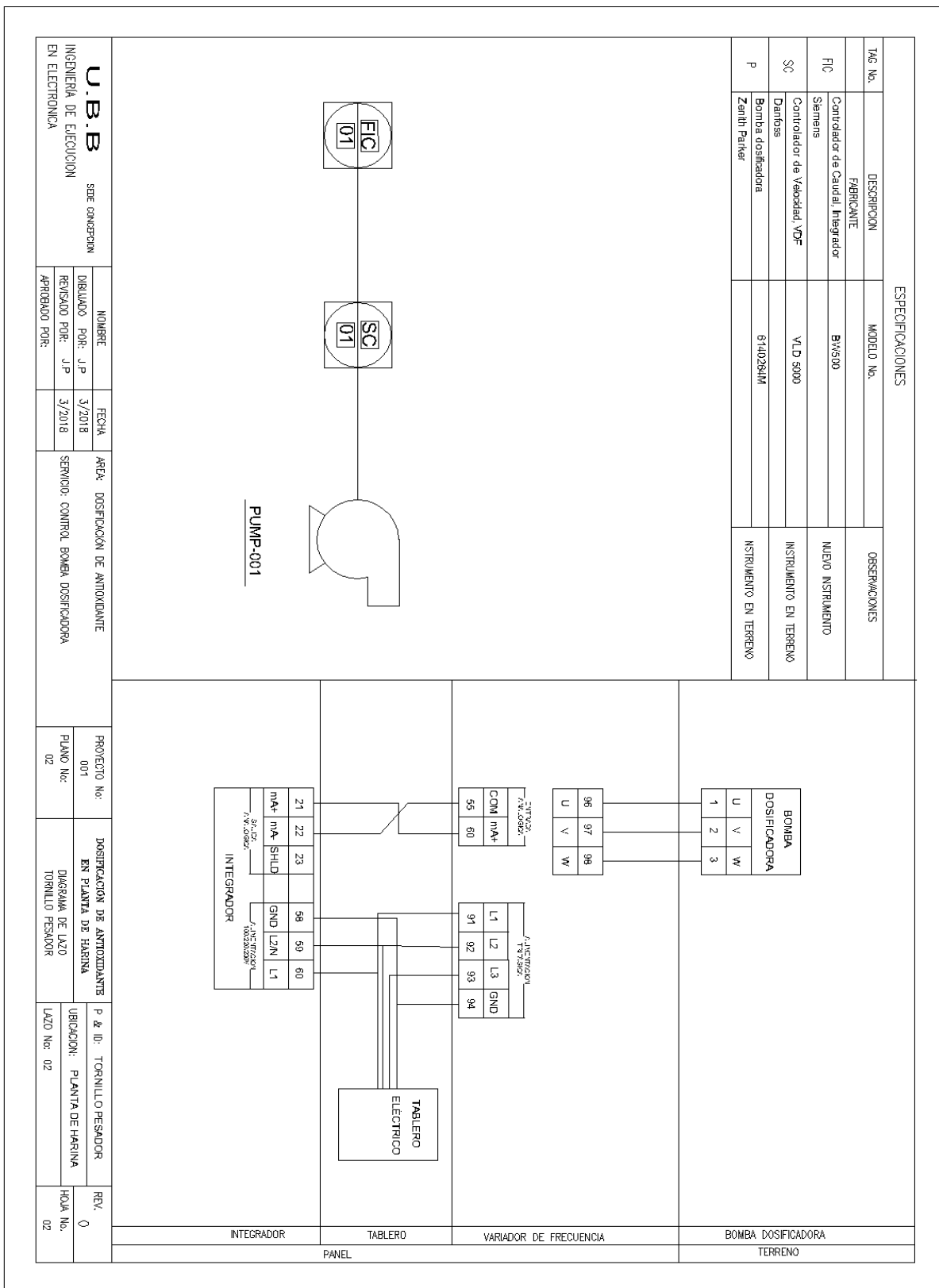
**VÁLVULA DE GUILLOTINA**

PARA  UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO		PROYECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 3 TAG: P&ID Tolva Báscula															
	Servicio	TOLVA BÁSCULA DE PESAJE CONTÍNUO																
	Tag N°																	
	Función	DESCARGA DE LA TOLVA BASCULA																
GENERAL	1	Tipo	Válvula de guillotina															
	2	Dimensión Compuerta	254x254mm.(10x10")															
	3	Dimensión Completa	355x457x76mm.															
	4	Temperatura max	120°C en continuo, 150°C intermitentes															
	5	Actuador	Cilindro neumático doble acción operado con solenoide															
	6	Voltaje control	24VDC															
	7	Material	Acero Inoxidable 316															
	8																	
	9																	
	10																	
	11																	
	12																	
	13																	
	14																	
OPCIONES																		
	15	MFR & Model N°	SIEMENS SIWAREX WL250 ST-S SA															
Notes :		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Date</th> <th>Revision</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1-03-2018</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Date	Revision	0	1-03-2018											
Rev	Date	Revision																
0	1-03-2018																	

Anexo 10. Diagrama Lazo n°1, Tornillo pesador



Anexo 11. Diagrama Lazo n°2, Tornillo pesador



**U.B.B**  
INGENIERIA DE EJECUCION EN ELECTRONICA

SEDE CONCEPCION  
NOMBRE:   
DIBUJADO POR: J.P  
REVISADO POR: J.P  
APROBADO POR:   
FECHA: 3/2018

AREA: DOSIFICACION DE ANTIOXIDANTE  
SERVICIO: CONTROL BOMBA DOSIFICADORA

PROYECTO No: 001  
PLANO No: 02

DOSIFICACION DE ANTIOXIDANTE EN PLANTA DE HARINA  
DIAGRAMA DE LAZO TORNILLO PESADOR

P & ID: TORNILLO PESADOR  
UBICACION: PLANTA DE HARINA  
LAZO No: 02

REV: 0  
HOJA No: 02

**Anexo 12. Cotización de Instrumentación Tornillo de Pesaje**

Las cotizaciones realizadas en el extranjero no incluyen gastos de envío ni impuestos.


**Tabla 7. Estimación de gastos Tornillo de Pesaje.**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca</b>	<b>Precio Unitario</b> <b>Pesos Chilenos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total</b>
1	Celda de Carga SIWAREX WL230	SIEMENS	270.000	4	1.080.000
2	ENCODER INCREMENTAL	SIEMENS	180.000	1	180.000
3	INTEGRADOR MILLTRONICS BW500	SIEMENS	2.440.000	1	2.440.000
4	Caja de Conexionado 7MH77231ND	SIEMENS	94.000	1	94.000
5	MODULO DE MONTAJE 7MH57074AB00	SIEMENS	148.000	4	592.000
<b>Precio Total</b>					<b>\$4.386.000</b>




Anexo 13. Datasheet n° 4 Celda de carga

**CELDA DE CARGA**

PARA  UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO		PROYECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 4 TAG: WE-01 P&ID Tronillo de pesaje
	Servicio	TORNILLO DE PESAJE CONTINUO	
	Tag N°	WE-01	
	Función	PESAJE DE HARINA DE PESCADO	
GENERAL	1	Tipo	Celda de Carga
	2	Aplicaciones	Contenedores, Transportadores
	3	Tensión de Alimentación	5-12 VDC
	4	Sensibilidad Nominal	3mV/V
	5	Carga Nominal Emax	500Kg
	6	Valor de división max	3000
	7	Valor de división min	Emax/10000
	8	Material	Acero Inoxidable
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
OPCIONES			
15	MFR & Model N°	SIEMENS SIWAREX WL230 SB-S SA	
Notes:		Rev	Date
		0	1-03-2018

**Anexo 14. Datasheet n° 5 Encoder Incremental**

<b>ENCODER INCREMENTAL</b>			
PARA  UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO	PROYECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 5 TAG: SE-01 P&ID Tronillo de pesaje	
	Servicio	TORNILLO DE PESAJE CONTINUO	
	Tag N°	SE-01	
	Función	SENSOR DE VELOCIDAD	
GENERAL	1	Tipo	Encoder Incremental
	2	Aplicaciones	Sensor de velocidad en motores
	3	Tensión de Alimentación	5 VDC
	4	Resolución	500 S/R
	5	Precisión	130 rad
	6	Frecuencia de Muestreo	300Khz
	7	Max. Speed	Electrical 36000rpm / Mechanical 12000rpm
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
OPCIONES			
15	MFR & Model N°	SIEMENS 6FX2001-2PA50	
Notes:			Rev   Date
			0   1-03-2018
			Revision

Anexo 15. Datasheet n° 6 Integrador

**INTEGRADOR**

PARA  UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO		PRO YECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 6 TAG: FIC-01 P&ID Tronillo de pesaje
		Servicio	TORNILLO DE PESAJE CONTINUO
		Tag N°	FIC-01
		Función	INTEGRADOR DE PESO INDICADOR DE CAUDAL INSTÁNEO
GENERAL	1	Tipo	Integrador de peso y Controlador de Caudal
	2	Aplicaciones	Básculas de cinta transportadora o equivalentes con 1,2 o 4 células de carga
	3	Tensión de Alimentación	100/115/200/230 V ac, 50/60Hz
	4	Resolución	0,02%del máximo rango
	5	Precisión	0,1%del máximo rango
	6	Programación	Vía teclado local o interfaz Dolphin Plus
	7	Display	LCD
	8	Entradas	Célula de carga : 0-45mV por Célula de carga / Sensor de Velocidad
	9	Salidas	mA : Programable 0/4-20mA para caudal instantáneo, carga y velocidad
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
OPCIONES			
	15	MFR.& Model N°	MILLTRONICS BW500
Notes:		Rev	Date
		0	1-03-2018
		Revision	


Anexo 16. Datasheet n° 7 Placa Base

**PLACA BASE CON APOYO DE ELASTÓMETRO**

PARA  UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO		PROYECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DO SIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 7 TAG: P&ID Tronillo de pesaje
	Servicio	TORNILLO DE PESAJE CONTINUO	
	Tag N°		
	Función	PLACA BASE PARA CÉLULA DE CARGA	
GENERAL	1 Tipo	Modulo de montaje SilentBlock	
	2 Aplicaciones	Placa base para montaje de células de carga	
	3 Carga Nominal	0,5 T / 1 T	
	4 Material	STAINLESS STEEL	
	5 Peso neto (kg)	2Kg	
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
OPCIONES			
15	MFR & Model N°	SIWA REX WL230 BASE PLATE SB-S SA	
Notes:		Rev   Date	Revision
		0   1-03-2018	

**Anexo 17. Datasheet n° 8 Caja de conexiones**

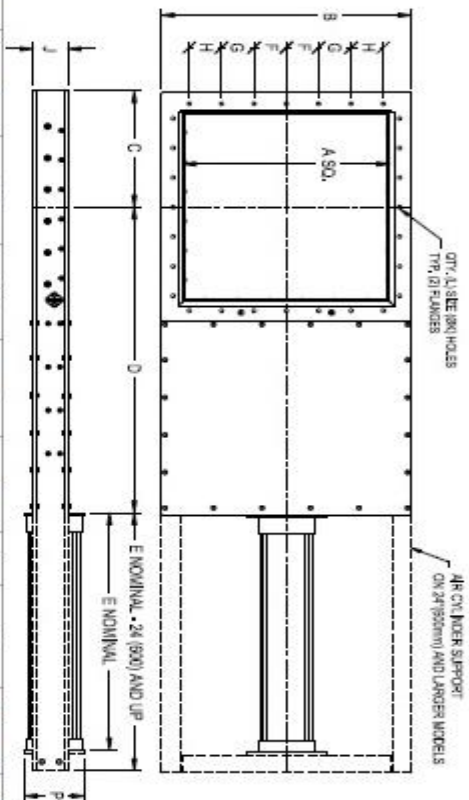
**CAJA DE CONEXIONES**

PARA  UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO		PROYECTO: ESTUDIO DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA ETAPA DE "DOSIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTE" PARA LA PLANTA DE HARINA FOODCORP CHILE S.A.	SHEET: n° 8 TAG: P&ID Tronillo de pesaje
	Servicio	TORNILLO DE PESAJE CONTINUO	
	Tag N°		
	Función	CAJA DE CONEXIONES PARA CÉLULAS DE CARGA Y SENSOR DE VELOCIDAD	
GENERAL	1	Tipo	Caja de Conexiones
	2	Aplicaciones	1,2 o4 Celdas de Carga y Sensor de Velocidad
	3	Material	STAINLESS STEEL
	4	Peso neto (kg)	0,8Kg
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		
	10		
	11		
	12		
	13		
	14		
OPCIONES			
15	MFR & Model N°	JB-7MH77231ND	
Notes:		Rev	Date
		0	1-03-2018
		Revision	

### Anexo 18. Dimensiones Válvula Roller Gate

#### Standard Assembly Unit Installation Data:

- Designed for dry material in gravity flow applications.
- Actuation: An acme threaded screw driven by a hand crank arm. Counter-clockwise rotation of the hand crank is required to open the gate. 5 complete revolutions of the hand crank is required for 1" (25mm) of travel.
- Temperature: Base model rated at 180° f (82° c) continuous service, 200° f (93° c) intermittent (10 minutes maximum).
- Flange Gasket: 1/4" [5] minimum soft flange gasket is recommended to minimize distortion from mating flange. If gasket is not used on distorted flange, valve will be placed in bind, and significantly reduced performance, and increase force required to properly actuate valve.
- Tighten flange bolts to partially compress gaskets!
- Hardware: Imperial models contain imperial hardware & metric models contain metric hardware.



Model	A		B		C		D		E		F		G++		H++		J		K		L		P		Ac-Damage 1		WEIGHT		
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	Qty	in	mm	SOF	I	Lbs	Kg		
SA04V1 (SA100V1)	4	102	8	203	4	102	9.5/8	244	8.7/8	225	3.1/8	79	-	-	3	78	7/16	11	8	4.1/8	105	0.14	4.0	4.0	21	10			
SA05V1 (SA125V1)	5	127	9	229	4.1/2	114	10.1/2	267	9.7/8	251	3.5/8	92	-	-	3	78	7/16	11	8	4.1/8	105	0.3	8.5	28	13				
SA06V1 (SA150V1)	6	152	10	254	5	127	12	305	10.7/8	276	4.1/8	105	-	-	3	78	7/16	11	8	5.1/8	130	0.36	10.2	31	14				
SA07V1 (SA175V1)	7	178	11	279	5.1/2	140	13.1/2	343	11.7/8	302	3	78	2.13/16	71	-	-	3	78	7/16	11	12	5.1/8	130	0.42	12.0	34	15		
SA08V1 (SA200V1)	8	203	12	305	6	152	15	381	12.7/8	327	3.1/2	89	-	-	3	78	7/16	11	12	5.1/8	130	0.48	13.7	37	17				
SA09TV1 (SA25TV1)	9	229	13	330	6.1/2	165	18.1/2	419	13.7/8	352	4.1/8	105	3.3/8	86	-	-	3	78	7/16	11	10	5.1/8	130	0.54	15.4	42	19		
SA09V1 (SA225V1)	10	254	14	356	7	178	18	457	14.7/8	378	4	102	-	-	3	78	7/16	11	12	5.1/8	130	0.6	17.1	45	20				
SA10V1 (SA250V1)	10	254	14	356	7	178	18	457	14.7/8	378	4.1/2	114	-	-	3	78	4/9	11	12	5.1/8	130	0.6	17.1	45	20				
SA11V1 (SA275V1)	11	279	15	381	7.1/2	193	19.1/2	495	15.7/8	403	4.3/8	111	4.5/16	110	-	-	3	78	4/9	11	12	5.1/8	130	0.66	18.8	49	22		
SA12V1 (SA300V1)	12	305	16	408	8	203	21	533	16.7/8	429	2.3/4	70	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/8	130	0.73	20.5	54	25				
SA13V1 (SA325V1)	13	330	17	432	8.1/2	218	22.1/2	572	17.7/8	454	5.1/4	133	5.1/8	130	-	-	3	78	4/9	11	12	5.1/8	130	0.79	22.2	57	26		
SA14V1 (SA350V1)	14	356	18	457	9	229	24	610	18.7/8	479	3.1/4	83	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/8	130	0.85	24.0	61	28				
SA15V1 (SA375V1)	15	381	19	483	9.1/2	241	25.1/2	648	19.7/8	505	3.1/2	89	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/8	130	0.91	25.6	69	31				
SA16V1 (SA400V1)	16	406	20	508	10	254	27	686	21.1/8	537	3.3/4	95	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/8	140	1.18	33.3	76	35				
SA17V1 (SA425V1)	17	432	21	533	10.1/2	267	28.1/2	724	22.1/8	562	4	102	4	102	3.3/4	95	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/2	140	1.25	35.4	81	37
SA18V1 (SA450V1)	18	457	22	559	11	279	30	762	23.1/8	587	4.1/4	108	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/2	140	1.32	37.5	86	39				
SA19V1 (SA475V1)	19	483	23	584	11.1/2	292	31.1/2	800	24.1/8	613	4.3/8	111	4.3/8	111	4.7/16	113	-	-	3	78	4/9	11	20	5.1/2	140	1.4	38.5	91	41
SA20V1 (SA500V1)	20	508	24	610	12	305	33	838	25.1/8	638	3	78	-	-	3	78	4/9	11	28	5.1/2	140	1.47	41.6	102	46				
SA21V1 (SA525V1)	21	533	25	635	12.1/2	318	34.1/2	876	26.1/8	664	4.3/4	121	4.3/4	121	4.7/8	124	-	-	3	78	4/9	11	28	5.1/2	140	1.54	43.7	108	49
SA22V1 (SA550V1)	22	559	26	660	13	330	36	914	27.1/8	689	3.1/2	89	-	-	3	78	4/9	11	28	5.1/2	140	1.62	45.8	114	52				
SA23V1 (SA600V1)	24	610	29	737	14.1/2	368	39	991	28.5/8	829	3.3/4	95	-	-	4	102	4/9	11	28	6.1/2	165	2.52	71.3	180	82				
SA26V1 (SA625V1)	25	635	30	762	15	381	40.1/2	1029	30.5/8	854	4.1/8	105	5.5/8	143	5.5/8	143	-	-	4	102	4/9	11	28	6.1/2	165	2.63	74.3	188	85
SA28V1 (SA650V1)	26	660	31	787	15.1/2	394	42	1067	31.5/8	879	4.1/8	105	-	-	4	102	4/9	11	28	6.1/2	165	2.73	77.3	198	89				
SA27V1 (SA675V1)	27	686	32	813	16	408	43.1/2	1105	32.5/8	905	4.1/4	108	-	-	4	102	4/9	11	28	6.1/2	165	2.84	80.3	205	93				
SA29V1 (SA700V1)	28	711	33	838	16.1/2	419	45	1143	33.5/8	930	4.1/4	108	-	-	4	102	4/9	11	28	6.1/2	165	2.94	83.2	214	97				
SA30V1 (SA750V1)	30	762	35	889	17.1/2	445	48	1219	35.5/8	981	3.5/8	92	-	-	4	102	4/9	11	36	6.1/2	165	3.15	89.2	233	108				

## Anexo 19. Cuestionario de adquisición caudalímetro para sólidos.

### SIEMENS

#### Cuestionario de selección – Caudalímetros para sólidos

**Instrucciones:** Para desplazarse dentro de la hoja de datos, utilice la tecla TAB o el mouse. Para seleccionar una casilla haga clic sobre el mouse o pulse la barra espaciadora. Para seleccionar las unidades haga clic en el menú desplegable.

##### Información sobre el usuario

Contacto: Pablo Martínez Completada por: Pablo Martínez  
 Compañía: Foodcorp Chile S.A. Fecha: 14/07/2017  
 Dirección: Pedro Aguirre Cerda 995 Comentarios sobre la Aplicación:  
 Ciudad: Coronel País: Chile Flujo continuo De Harina de Pescado  
 Código postal: \_\_\_\_\_ Teléfono: +56966091291  
 E-mail: pabломartinezneira@g Fax: \_\_\_\_\_  
mail.com

##### Material

Material medido: Harina De Pescado Tamaño de partícula: <2 mm  
 Densidad de bulo: 0.45 - 0.55 kg/m<sup>3</sup> Contenido de humedad: 5-9 %  
 Angulo de talud: \_\_\_\_\_ grados Material aireado? No  
 Temperatura: 30 °C  
 Propiedades del material:  Higroscópico  Corrosivo  Fácilmente aireado  Abrasivo  Otro \_\_\_\_\_  
 Características del caudal:  Fluido  Lento  Viscoso  Otras \_\_\_\_\_

##### Aplicación (Proporcionar si posible un esquema de dimensiones del dispositivo de carga y descarga) Esquema provisto

Caudal de dosificación: 20 máximo t/hora Exactitud deseada: + / - 1 %  
12 normal t/hora  
8 mínimo t/hora  
 Tipo de carga:  Válvula rotativa  Banda  Transportador de tornillo  Platillo vibratorio  
 Elevador de cangilones  Transportador por gravedad  Otro (especificar) \_\_\_\_\_  
 Caudal:  Constante  Variable  Pulsado Tipo de descarga (medidor) : \_\_\_\_\_  
 Altura libre : \_\_\_\_\_ pies Temperatura (medidor) : \_\_\_\_\_ máx. \_\_\_\_\_ min. °C  
 Placa expuesta al aire :  No  Sí, un poco  
 Pueden realizarse pruebas con el material :  Sí  No  
 Distancia aproximada entre la carga y el medidor de caudal: \_\_\_\_\_ mm  
 Clasificación eléctrica (medio de instalación del medidor) : \_\_\_\_\_

##### Integrador (Marque todo lo aplicable)

Entradas deseadas:  4 ... 20 mA (especificar) \_\_\_\_\_  
 PID  LVDT  Celdas de carga (n°): \_\_\_\_\_  
 Salidas deseadas:  4 ... 20 mA  PID  Totalizador remoto  Relés (n°): \_\_\_\_\_  
 Comunicaciones:  AB Remote I/O  DeviceNet  PROFIBUS DP  RS-232 / RS-485 Modbus

##### Productos recomendados :

Construcción: (caja / guía de flujo y placa sensora)  Acero dulce pintado  Acero inox. 304  Acero inox. 316 Otros (especificar) \_\_\_\_\_