



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PRÁCTICA PROFESIONAL**

**MEJORAMIENTO DE REDES INDUSTRIALES Y DE COMUNICACIÓN  
DE EQUIPOS DEL MOLINO CINCO Y ANEXO, MHS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
INGENIERO EN MECATRÓNICA

**PRESENTADO POR:**

ASHLEY EMERY FAJARDO RIVERA  
21411197

ASESOR: ING. JAVIER VILLANUEVA

CAMPUS SAN PEDRO SULA, HONDURAS

Diciembre de 2018

## **Autorización**

Señores,

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para los alumnos de pregrado de UNITEC.

Yo, Ashley Emery Fajardo Rivera, de San Pedro Sula autor del trabajo titulado: "MEJORAMIENTO DE REDES INDUSTRIALES Y DE COMUNICACIÓN DE EQUIPOS DEL MOLINO CINCO Y ANEXO, MHS" presentado y aprobado en el año 2018, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero en Mecatrónica, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los ---- días del mes de octubre del 2018.

---

Ashley Emery Fajardo Rivera

21411197

## **Dedicatoria**

—S—

*Este proyecto se lo dedico a Dios quien me guio por el buen camino, me dio fuerzas para seguir adelante y no perecer ante los problemas que se presentaban; enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la fe o desfallecer en el intento.*

*A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para mi educación. Me han formado lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para alcanzar mis metas.*

*Gracias también a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado durante todos estos años y todos aquellos que permitieron que esto fuera posible.*

**- Ashley Emery Fajardo Rivera -**

—S—

## **Resumen Ejecutivo**

En el informe de práctica profesional presentado a continuación se da una descripción detallada de las actividades realizadas en Molino Harinero de Sula, S.A., dando evidencia del cumplimiento de diez semanas de trabajo. Durante el desarrollo de la práctica se realizaron varios trabajos como ser reemplazo de cables de comunicación de equipos como ser los GSE, pantallas HMI de SCADA y periféricas. También el montaje y conexión de paneles de mando para los dosificadores gravimétricos instalados para el molino cinco y molino anexo.

Es importante destacar que el conocimiento adquirido en diseño, instalación de bandejas porta cables y conexiones eléctricas, complementan y fortalecen conocimientos que fueron adquiridos en la universidad durante la formación en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Siendo esta práctica satisfactoria en la formación eléctrica y electrónica adquirida.

# Índice de Contenido

I.	Introducción .....	1
II.	Generalidades de la empresa .....	2
3.1	Descripción de la empresa.....	2
3.1.1	Misión.....	3
3.1.2	Visión.....	3
3.2	Descripción del departamento.....	3
3.3	Objetivos.....	4
2.1	Objetivo General .....	4
2.2	Objetivos Específicos .....	4
III.	Marco Teórico .....	5
4.1	Proceso de Molienda.....	6
4.1.1	Molino tipo rodillo usado para molienda .....	7
4.1.2	Etapas del proceso de molienda .....	8
4.2	GSE Molino cinco.....	10
4.2.1	Trigo Limpio .....	11
4.2.2	Trigo Sucio.....	12
4.2.3	Harina A .....	12
4.2.4	Subproductos .....	13
4.3	GSE molino anexo.....	13
4.3.1	Salvado.....	14
4.3.2	Afrecho.....	15
4.4	Redes industriales.....	15
4.4.1	Ethernet.....	16
4.4.2	Profibus.....	17
4.4.3	Profinet.....	18
4.5	Red de comunicación.....	18
4.5.1	Centro de datos .....	19
4.6	Periferia.....	19

4.7	SCADA.....	21
4.8	Sistemas de dosificado.....	22
4.8.1	Dosificación gravimétrica.....	23
4.9	Tolvas de recepción.....	25
4.10	Celdas de carga.....	26
4.10.1	Las células de carga extensiométricas.....	27
4.10.2	Instalación de celdas de carga.....	27
4.11	Conexión de panel de mando.....	28
4.12	Instalación de bandejas.....	31
IV.	Metodología.....	34
5.1	Variables de investigación.....	34
5.1.1	Variables independientes.....	35
5.1.2	Variables dependientes.....	35
5.2	Enfoque y métodos.....	35
5.2.1	Enfoque cualitativo.....	36
5.3	Población y muestra.....	36
5.4	Técnicas e instrumentos aplicados.....	37
5.5	Fuentes de información.....	37
5.6	Cronograma de actividades.....	37
V.	Descripción del trabajo realizado.....	39
5.1	Dosificadores gravimétricos.....	40
5.2	Comunicación GSE.....	40
VI.	Conclusiones.....	41
VII.	Recomendaciones.....	42
	<i>Para la universidad</i> .....	42
	<i>Para la empresa</i> .....	42
	Bibliografía.....	43
	Anexos.....	45
	Anexo I. Verificación de Basculas.....	45
	Anexo II. Panel de Dosificadores Línea A.....	46
	Anexo III. Conexión PLC y FB panel.....	47
	Anexo IV. Diagrama de conexión de celdas de carga.....	48

Anexo V. Conexión celdas de carga al PLC .....	49
Anexo VI. Dimensionamiento de dosificador ALAPALA.....	51



## Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Marcas producidas por MHS</i> .....	2
<i>Ilustración 2. Banco de molienda</i> .....	6
<i>Ilustración 3. Mecanismo interno de banco de molienda</i> .....	7
<i>Ilustración 4. Bancos de molienda, molino cinco</i> .....	8
<i>Ilustración 5. GSE de molino cinco</i> .....	11
<i>Ilustración 6. GSE para afrecho y salvado</i> .....	14
<i>Ilustración 7. GSE trigo limpio y harina A, molino anexo</i> .....	15
<i>Ilustración 8. Periferia con comunicación profibus</i> .....	20
<i>Ilustración 9. HMI SCADA del molino cinco</i> .....	22
<i>Ilustración 10. Dosificador gravimétrico, ALAPALA</i> .....	23
<i>Ilustración 11. Dosificador ALAPALA del molino cinco</i> .....	24
<i>Ilustración 12. Dosificador de molino anexo, sistema de rosca y tolva de recepción</i> .....	25
<i>Ilustración 13. Panel de mando para dosificadores</i> .....	28
<i>Ilustración 14. Borneras panel de mando, cableado de comunicación y alimentación</i> .....	29
<i>Ilustración 15. Conexión dentro del dosificador</i> .....	30
<i>Ilustración 16. Sistema interno de dosificador</i> .....	30
<i>Ilustración 17. Catálogo de bandejas porta cable</i> .....	32

## Glosario

- **Buses de campo:** sistema de transmisión de información de datos que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.
- **Cernido:** Separar con el cedazo o la criba, la parte fina de una materia reducida a polvo de las partes más gruesas, especialmente la harina del salvado.
- **Cizallamiento:** corte o deformación lateral que se produce por una fuerza externa.
- **Dosificar:** graduar una cantidad, dividir o graduar una dosis.
- **Estriados:** formar estrías en una superficie.
- **Gluten:** Sustancia pegajosa y de color pardo, formada por proteínas, que se encuentra en la semilla del trigo y de otras gramíneas y que proporciona gran cantidad de energía al organismo.
- **Gravimétrico:** determina la cantidad de sustancia midiendo el peso de la misma con una balanza analítica y de forma cuantitativa.
- **Inocuidad:** Se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor.
- **Molienda:** Proceso que consiste en desmenuzar una materia sólida, especialmente granos o frutos, golpeándola con algo o frotándola entre dos piezas duras hasta reducirla a trozos muy pequeños, a polvo o a líquido.
- **Parametrizar:** describir o estudiar algo mediante parámetros.
- **Sasores:** mecanismo en el proceso de cernido que se encarga de separar la sémola en tres fragmentos.
- **Transductores:** Dispositivos capaces de transformar o convertir una determinada manifestación de energía de entrada, en otra diferente a la salida en términos relativos con respecto a un generador.

## I. Introducción

El concepto de la calidad está relacionado con satisfacer de forma implícita o explícita según parámetros, el cumplimiento de requisitos de una cualidad. La calidad del producto está relacionado en como el producto se ajusta a las necesidades y exigencias del cliente. Es un valor agregado, algo que no tienen los productos similares, una relación costo – beneficio que muchas veces se está regido por indicadores y estándares.

La calidad de un producto se ve determinada por el proceso de producción mismo y como ya se ha mencionado, de los indicadores y estándares. Ya que Molino es una empresa comprometida en entregar experiencias de valor en productos es necesario que sus procesos sean de alta calidad. Para ello la maquinaria empleada en dicho proceso debe proporcionar un alto rendimiento, alta capacidad y alto control. “Podemos descuidar cualquier cosa en el proceso, menos la calidad de nuestro producto” (Heinz, 2002).

A finales de septiembre la empresa Molino Harinero de Sula S.A. inicio con un plan de remodelación de todo lo que es el molino 5 y el molino anexo. Estas remodelaciones comprenden desde sustitución de maquinaria, cambio de redes industriales y de comunicación hasta expansión de los molinos.

Para efectos de este informe se hace énfasis en el área de redes industriales y de comunicación. Recalamos en el hecho de que la aplicación de Ethernet en proyectos de automatización industrial es común ya que es el protocolo por el cual se comunican ordenadores en un entorno de red local.

Dentro de este informe nos veremos enfocados al área de mejoramiento y cambio de redes de comunicación e instalación y conexión de paneles de control para los equipos.

## II. Generalidades de la empresa

### 3.1 Descripción de la empresa

Molino Harinero Sula, S.A. fue fundada por el distinguido empresario de origen polaco Boris Goldstein el 7 de noviembre de 1946. Don Boris contribuyó con el desarrollo económico del país invirtiendo todo su dinero, tiempo y esfuerzo con el objetivo de ver una ciudad desarrollada y con trabajo para sus habitantes, siendo su mayor legado el empuje a la empresa privada en Honduras.

Actualmente Molino Harinero Sula, S.A. es una empresa comprometida en entregar experiencias de valor en productos, servicios, procesos y resultados para los negocios de sus clientes y así contribuir al bienestar de las comunidades donde opera. Tiene un compromiso con el bienestar de sus consumidores y clientes e invierte en el crecimiento de su planta. Cuenta con la certificación FSSC ISO-22000 e ISO 9001 que garantizan la inocuidad y calidad de los productos que elabora.



**Ilustración 1. Marcas producidas por MHS**

Fuente: Molino Harinero de Sula, S.A. 2018

En la ilustración 1 se muestran las marcas producidas por Molino Harinero de Sula, marcas solo de productos de harina. Aparte de ser productores de harina también cuentan con las marcas de Mi Pasta y toda la gama de Tortilla Fácil y Practi Pizza.

### **3.1.1 Misión**

Somos una familia comprometida en entregar experiencias de valor en productos, servicios, procesos y resultados para los negocios de nuestros clientes, para contribuir al bienestar de las comunidades donde operamos.

### **3.1.2 Visión**

Ser una empresa reconocida por crear alianzas estratégicas de valor excepcional en los mercados donde decidamos competir con rentabilidad, contando con el mejor capital humano, liderando la innovación y soluciones de alto valor para nuestros clientes en la industria.

## **3.2 Descripción del departamento**

Hoy en día es de conocimiento general la importancia del mantenimiento eléctrico dentro de una industria ya que los equipos necesitan de este mantenimiento. Permite detectar fallas que comienzan a generarse y pueden producir en un futuro a corto o largo plazo, una parada de producción o en muchas ocasiones un accidente afectando a personas o a las instalaciones.

Este mantenimiento permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de que se presenten fallos inesperados y a su vez también beneficia en una reducción de costos por ahorro de energía, protección de equipos, diagnóstico, verificación rápida y sencilla reparación. Esto nos lleva a la conclusión de que el mantenimiento eléctrico debe de ser continuo.

Muchas veces en un proceso automatizado ocurren fallos que causan pérdidas al retrasarse la producción. Dependiendo de qué tan demandante sea el producto se pueden llegar hasta perder millones de lempiras por paros por fallos. El departamento de electrónica y eléctrica es el que se encarga de dar mantenimiento o

reparar estos componentes en caso de fallo o avería. En el caso de la remodelación de molino 5 los encargados de todas las conexiones eléctricas y montajes de equipo y maquinaria como motores y dosificadores, los realiza este departamento.

### **3.3 Objetivos**

La calidad es un conjunto de propiedades inherentes que permite caracterizar y valorar algo con respecto a las comparadas a su rango o especie. (Océano Uno, 2001) En este caso la calidad de la harina producida por Molino Harinero de Sula tiene que ser superior a las de la competencia en nuestro país.

A continuación se presentan el objetivo general y el específico del propósito de este proyecto.

#### **2.1 Objetivo General**

Efectuar el montaje de las nuevas redes de comunicación de dosificadores y básculas del molino cinco y molino anexo.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los cables de red de comunicación que necesitan ser reemplazados por presentar problemas.
- Reemplazar el cableado de red de comunicación de los equipos GSE y la pantalla HMI de SCADA.
- Realizar montaje y conexión de paneles de control de los dosificadores gravimétricos.

### **III. Marco Teórico**

Para este presente año, 2018, se planificó una remodelación del molino cinco y una expansión del molino anexo que se encuentran dentro de la empresa Molino Harinero de Sula. El propósito de esto es mejorar los niveles de producción de los molinos. Esto se debe a que el molino cinco es el mayor productor de harina A dentro del molino. El molino anexo es el encargado de producir los subproductos como ser el salvado y el afrecho.

La harina de trigo posee un nutriente que es esencial, el gluten el cual la hace apta para la elaboración de una gran variedad de alimentos de consumo diario. Existen harinas de trigo blandas que proceden de una variedad de trigo blando y las harinas duras que proceden del trigo duro. No obstante, la cantidad de gluten presente también determina la dureza de la harina.

La harina se obtiene mediante el proceso de molienda donde el primer paso para la obtención de la harina es el lavado del cereal. Esto se realiza por separadores magnéticos que eliminan los residuos de gran tamaño y su vez protegen y previenen posibles obstrucciones en la maquinaria.

Una vez adecuado el grano se procede a lo que es la molienda que se realiza en seco donde se separan algunos sustituyentes como el almidón, las proteínas o la fibra. En el proceso de molienda se separa el salvado y por lo tanto la harina de trigo será más fácil de digerir aunque eso implica que ya no sería rica en fibra.

La calidad es primordial para una empresa con altos niveles de producción como Molino Harinero de Sula. Según Sánchez, Palomino, & Sánchez (2012) afirma que cualquier fallo en una operación de un proceso industrial puede tener efectos en la calidad del producto resultante, pero también puede repercutir en la seguridad y salud de los trabajadores o en el medio ambiente que rodea a la fábrica. Para ello esta empresa invierte en mejorar sus procesos.

## 4.1 Proceso de Molienda

El proceso de molienda del trigo consiste en comprimir el tamaño del grano a través de molinos de tipo rodillo mediante una serie de procesos en los que se consigue una separación del salvado (cáscara del trigo) y germen, el cual deberá ser reducido hasta obtener harina.

Un banco de molienda es una de las maquinas principales para la molienda de cereales que permite reducir a una dimensión granulométrica deseada los cereales en general (en este caso el grano de trigo). Como se puede apreciar en la ilustración 2, esta es una maquina muy robusta y extremadamente fácil de mantener, en cuestión de eficiencia.



**Ilustración 2. Banco de molienda**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

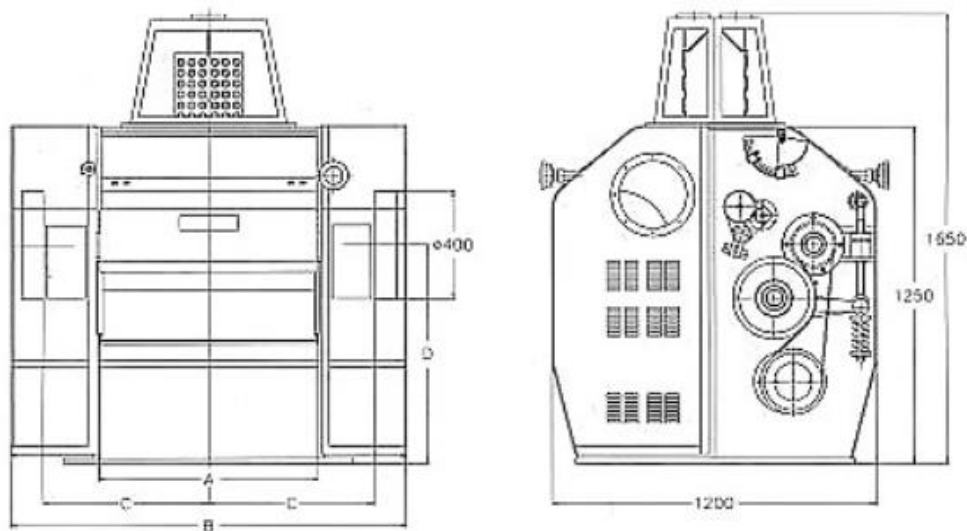
Los principales objetivos de la molienda es maximizar el rendimiento de harina con el mínimo contenido de salvado. Mejorar las características de la harina y eliminar el germen, debido a que sus lípidos se deterioran durante el almacenamiento.



#### 4.1.1 Molino tipo rodillo usado para molienda

La molienda se realiza en un molino que contenga un juego de 4-6 rodillos. Éstos deben de tener forma espiral con canales, ya que estos rompen el grano incluyendo los trozos grandes de trigo hasta transformarlo en harina.

El trigo que se va a moler se recoge en una tolva tragante y se distribuye con regularidad en una capa sutil a lo largo de todo el cilindro donde los productos molidos salen de la tolva recogedora.



**Ilustración 3. Mecanismo interno de banco de molienda**

Fuente: Ocrim, 2018

En la ilustración 3 se muestra un ejemplo del mecanismo interno de un banco de molienda. Las puertas de cristal permiten el control de la alimentación del material mientras que las puertecillas debajo permiten la inspección del producto. La limpieza de los cilindros estriados se realiza mediante un cepillo liso y la de los cilindros lisos mediante rascadoras de cuchillas, ambos con acercamiento y alejamiento sincronizado con los cilindros moledores.

#### **4.1.2 Etapas del proceso de molienda**

El proceso de molienda está dividido en varias etapas por las que se somete el grano de trigo para poder llegar a extraer la harina de él. En esta sección se presenta en que consiste cada etapa.

##### Limpieza:

Los granos de trigo son limpiados y acondicionados apropiadamente. Esto se logra mediante zarandas y aspiradoras.

##### Acondicionamiento:

Consiste en secar el grano de 15-17% de humedad. Mediante este proceso el salvado se torna duro y elástico y el endospermo, blando.

##### Trituración (primera molienda):

Una vez realizado el acondicionamiento los granos pasan por el primer juego de rodillos para ser triturado. Con esta primera molienda se logra que el germen del trigo se aplaste, el salvado no se quiebre debido a su consistencia y que el endospermo, al ser blando se quiebre.



***Ilustración 4. Bancos de molienda, molino cinco***

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A.

En la ilustración 4 se puede apreciar que la harina no solo pasa por un único banco de molienda. Para eliminar el germen, es necesario un proceso de tamizado. El salvado y el endospermo son difíciles de separar por lo que se requiere molerlos repetidas veces para lograr separarlos.

#### Trituración (segunda molienda):

Con este proceso el tamaño de los fragmentos del endospermo se reduce aún más mediante un proceso mecánico de rodillos lisos.

#### Cribado:

La maquinaria cuenta con una serie de cernidores que a su vez cuentan con tamices cuya función es la de separar el producto de la trituración. El principal objetivo es separar el producto en sus fracciones principales.

#### Purificación:

Este proceso se encarga de eliminar el salvado y clasificar las sémolas y esto se logra mediante tamices y purificadores con sasores. Los sasores son herramientas de la maquinaria que limpian la sémola impura y la clasifican dependiendo el tamaño y pureza.

#### Reducción:

El principal objetivo en esta etapa es de moler las sémolas y semolinas ya purificadas y convertirlas en harina. Mediante cilindros de compresión, las partículas de sémola se reducen hasta formar harina fina. Este proceso se realiza varias veces con el fin de eliminar la sémola e incluso, partículas de salvado o germen que pudiese haber quedado.

### Blanqueamiento de harina:

Por naturaleza, la harina tiene un pigmento amarillento compuesto por una proteína llamada xantofila, el blanqueamiento se realiza por un proceso de oxidación mediante dos mecanismos.

- Método natural: consiste en exponer a la harina al aire.
- Método químico: se utilizan agentes químicos como el peróxido de nitrógeno, cloro gaseoso o tri-cloro de nitrógeno.

### Empaque final:

En esta última etapa la harina es almacenada en silos para poder pasar al área de empaque y que esta se extraída para ser ensacada.

El producto obtenido de esta serie de procesos es empacado en bolsas de polipropileno ya que, este ayuda a proteger a la harina de la humedad, microorganismos e insectos o roedores mientras están almacenadas.

## **4.2 GSE Molino cinco**

A diario se producen grandes cantidades de harina para ser distribuida. Susana Jiménez (2008) define producción a gran escala o en masa como: "La fabricación de una gran cantidad de productos estandarizados. Tiende a ser intensiva en capital con altos niveles de productividad.

Uno de los puntos de control en el proceso de producción, más importantes, es el pesaje del producto. La cantidad de kilogramos que se entregan en cada descarga. Este control se realiza mediante un GSE que regula esa cantidad de kilogramos. Según Niebel (2002) "El único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad o sus utilidades es aumentando su productividad." Por eso el ingeniero busca a optimizar los procesos de producción implementando equipo como este.

Como se puede apreciar en la ilustración 5, los GSE son controladores que reciben comunicación de las celdas de carga que se encuentran en las básculas de producción dentro de los molinos.

La función del GSE es que el operario ingrese manualmente la cantidad de producto que se desea recibir. Estos parámetros de peso ingresados una báscula de proceso los interpreta y se calibra a sí misma para entregar esa cantidad de producto. Estos GSE también envían datos a lo que es el departamento de producción donde se monitorean los pesos.



**Ilustración 5. GSE de molino cinco**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

#### **4.2.1 Trigo Limpio**

La harina de trigo es un producto finamente triturado obtenido del proceso de molienda, del grano de trigo maduro, sano, seco y que industrialmente ha sido limpiado. Como ya lo habíamos mencionado, según utilidad se tienen dos tipos de trigo; trigo duro y trigo blando. Independientemente de que tipo de trigo sea, este se ve sometido a un proceso de limpieza donde se le extrae cualquier partícula o materia que no sea grano de trigo. Una vez el grano ya pasó por ese proceso se le denomina trigo limpio.

Para el proceso de molienda se necesita que cada cierto tiempo se realicen descargas de trigo limpio hacia los bancos de molienda. En este GSE se controla el porcentaje de alimentación fina y gruesa así como todas las opciones de la báscula (tiempo de abertura de la compuerta, tiempo de descarga y velocidad de giro de los motores).

#### **4.2.2 Trigo Sucio**

El trigo generalmente es molido y convertido a harina para su consumo. La producción de trigo es mayormente utilizada para consumo humano para la elaboración de pastas, panes, galletas, etc. Otro porcentaje de esta producción es destinado para alimentación animal, concentrados.

El trigo proveniente del área de materia prima es un grano que no ha sido pasado por el proceso de limpieza y cribado para extraer sus impurezas. A este trigo se le denomina "trigo sucio". Para que el trigo pueda ser enviado al proceso de molienda primeramente debe de ser limpiado y una vez eso sucede ya puede ser procesado. Después de ser pasado por el proceso de limpieza ya se le puede denominar como "trigo limpio".

#### **4.2.3 Harina A**

El trigo dependiendo de sus características está destinado a convertirse en harina de trigo de ciertas marcas. Por ejemplo, el trigo blando suele usarse para harinas con finalidad repostera. La Harina A se obtiene del trigo duro; esta harina tiene una finalidad más robusta.

El trigo duro es el más utilizado y este se cultiva en tierras secas y al romperse el grano este tiene un color cristalino y uniforme. Este tipo de trigo es más utilizado para la producción de pastas. Su composición parte de 13% agua, 18% gluten, 66% almidón, 3% otros.

Las harinas fuertes son más secas y con mayor contenido de gluten por lo que absorben mayor cantidad de agua y esto permite que se obtengan masas con mayor elasticidad.

El trigo blando es cultivado en regiones más cálidas y templadas. El grano al romperse presenta una textura de borde duro y del centro es más harinoso. Su composición parte de 14% agua, 10% gluten, 73% almidón, 3% otros.

Igual que con el GSE de trigo limpio, este también controla el porcentaje de alimentación fina y gruesa y envía datos al departamento de producción de cuantos kilogramos se producen cada cierto tiempo.

#### **4.2.4 Subproductos**

Al igual que cualquiera de los molinos, el molino cinco produce lo que son el salvado y el afrecho que son conocidos como subproductos y tiene los respectivos GSE para cada uno de ellos. Estos GSE tienen las mismas funciones que las descritas para los mismos tipos del molino anexo que se presentan a continuación en la siguiente sección.

### **4.3 GSE molino anexo**

Los subproductos de la industria de cereales y harinas comprenden una fuente importante de nutrientes para satisfacer las necesidades tanto de las personas como también de algunos animales de granja (como ser el ganado). Dentro del molino anexo se obtienen los subproductos de los granos de trigo. Estos subproductos son el afrecho y el salvado.



**Ilustración 6. GSE para afrecho y salvado**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

#### **4.3.1 Salvado**

El salvado es uno de los subproductos que se obtienen de los granos de trigo. Comprende alrededor de un 15% del peso del cereal y es un producto derivado del proceso de molienda para obtener la harina.

Es un alimento con altas propiedades nutricionales y supone una de las fuentes más ricas en fibra. El salvado se extrae de las cinco capas externas del grano donde en el área de molienda el trigo se pasa por cuatro bancos de molienda.

El trigo es sometido a proceso por estos cuatro bancos de molienda donde se extrae el salvado y el afrecho. Es la cascara del grano pulverizado en el proceso de molienda, constituido como la parte más fibrosa del cereal.

El salvado de trigo mayormente es utilizado para la elaboración de pan integral ya que su contenido en fibra es mayor que cualquier otro tipo de salvado (como ser de avena, centeno o arroz).



### 4.3.2 Afrecho

El afrecho es la cascara del trigo que es desechada en la forma refinada de la harina. Usualmente termina empleándose en la industria de alimentación de animales debido a que proporciona fibra, grasa, vitaminas y minerales que brindan altos niveles de nutrición. Este es comercializado para concentrado de ganado y de cerdos.

Igual que el salvado, el afrecho se extrae del proceso de molienda de los granos de trigo siendo este del tipo tostado simple. La cascara de este cereal contiene de un 60 a 80 por ciento de todos los minerales del trigo.



***Ilustración 7. GSE trigo limpio y harina A, molino anexo***

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

Como se puede apreciar en la ilustración 7, aparte de la producción de subproductos, el molino anexo también produce harina A y tiene los respectivos GSE para harina A y trigo limpio. Estos GSE tienen las mismas funciones que las descritas para los mismos tipos del molino cinco.

## 4.4 Redes industriales

Una red no es nada más que un grupo de computadoras conectadas entre sí mediante cables o algún otro medio. "Las redes industriales son de uso común en la

industria actual, su uso supone un ahorro significativo de tiempo y dinero en la instalación y el mantenimiento, así como una mejora en las comunicaciones entre las diferentes partes de la empresa.” (Muñoz-Marí & Rosado-Muñoz, 2007) En la industria, el uso de computadoras aplicadas al control automático ha ido evolucionando. Donde antes solo se utilizaba una única computadora para comandar algunos controladores analógicos pasamos a complejos sistemas que están interrelacionados con múltiples procesadores.

Dentro de la remodelación se hizo un cambio en la red de comunicación de lo que es molino cinco y el molino anexo. El motivo de este cambio se debió a que existían muchos fallos en la red por flojedad o daños en el cable. Dentro de Molino Harinero de Sula se trabaja con comunicación Ethernet, Profibus y Profinet.

#### **4.4.1 Ethernet**

Los sistemas de automatización industrial sufren transformaciones que requiere que las empresas adopten nuevas estrategias para cable Ethernet en la industria. Las prácticas de redes industriales pasadas ya no son válidas ni aplicables y son necesarios nuevos enfoques. La actual presencia de condiciones rigurosas y las aplicaciones exigentes en entornos industriales hacen que la elección de un cable Ethernet de alta calidad con las características apropiadas sea un factor importante.

Asqui & Lema (2013) afirma que “Las redes Ethernet Industrial deben ser altamente confiables y seguir en funcionamiento durante duras condiciones ambientales, interrupciones accidentales de red y fallas de los equipos. La caída de una red puede ser peligrosa y cara. La confiabilidad de la red es en gran medida conseguida por el uso de Redundancia para todos los vínculos críticos.”

Hoy en día las plantas industriales cuentan con sistemas de computadoras a fin de que estas satisfagan sus necesidades administrativas y gerenciales. No solo los equipos digitales del control de procesos sí están conectados sino que también el

área administrativa. La integración de esta área a la red es debido a la necesidad de monitorear los niveles de producción del molino.

#### **4.4.2 Profibus**

Profibus es una red industrial que se basa en tecnología de bus de campo que actualmente está regulada bajo la norma IEC 61158. "Profibus utiliza un mecanismo híbrido de control de acceso al bus de campo." (Mascarós, Casanova, & Salt, 2004) Esta red de comunicación se consolidó en el mundo industrial a finales de la década de los 90 y desde entonces se ha convertido en la red basada en buses de campo más exitosa del mundo.

Profibus está orientada para el control a nivel de célula y campo. Según Gudiño & Cevallos (2003) profibus es uno de los protocolos más usados en la actualidad y cuenta principalmente con la variante PROFIBUS DP (Periferias descentralizadas), que es el perfil más utilizado, con alta velocidad, destinada a pequeña cantidad de datos y comunicación entre sistemas de control y señales distribuidas.

La tecnología de bus de campo es un protocolo de comunicación digital de alta velocidad. Profibus es un estándar de red de campo abierto. La interfaz de estos permite una amplia aplicación en procesos industriales. Si se necesita utilizar impulsores (drivers), transductores, válvulas y paneles de operación a nivel de campo y con una comunicación en tiempo real, la elección debería ser Profibus.

Utiliza un procedimiento de paso de testigo para la comunicación entre los nodos activos (maestros), y un procedimiento maestro-esclavo para la comunicación entre los nodos activos y los nodos pasivos (esclavos)." (Mascarós, Casanova, & Salt, 2004)

Para un trabajo sin perturbaciones, el cable del bus debe ser finalizado en ambos extremos con unas resistencias de finalización. El cable del bus desde la primera estación hasta la última estación debería ser tratado como un único cable de bus y

los finalizadores del bus deben de conectarse en la primera y en la última estación. "El testigo proporciona el derecho para acceder al medio de comunicación, el cual se pasa entre los nodos activos mediante una trama especial." (Mascarós et al., 2004)

### **4.4.3 Profinet**

Profinet es el estándar abierto de Ethernet Industrial y uno de los estándares de comunicación más utilizado en redes de automatización. Entre sus características principales destaca que es Ethernet en tiempo real donde los dispositivos que se comunican mediante el bus de campo concuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se llevan a cabo dentro del bus.

Con Profinet es posible conectar dispositivos, sistemas y celdas, mejorando tanto la velocidad como la seguridad de sus comunicaciones reduciendo costes y optimizando la producción. Por sus características permite la compatibilidad con comunicación Ethernet de entorno TI salvo la diferencia de velocidad frente al rendimiento en tiempo real que necesita una red industrial.

## **4.5 Red de comunicación**

En los últimos años las industrias van exigiendo equipos de campo de alta fiabilidad, disponibilidad y eficiencia que satisfagan las exigencias, con la intención de mejorar los procesos de producción reduciendo costos operativos de mantenimiento y por fallos continuos de los equipos.

Cuanto más información se maneja, mejor se puede operar y por lo tanto ser más productivo y lucrativo. Los sistemas abiertos y digitales posibilitan la colecta de esta información. La tecnología de buses de campo puede transformar bits y bytes en una relación lucrativa y obtener una ganancia cualitativa de todo el sistema.

En el campo las periféricas distribuidas tales como módulos de entrada y salida (E/S), drivers, válvulas y paneles de operación se comunican con sistemas de automatización mediante sistemas de comunicación eficientes en tiempo real (Profibus). La transmisión de datos se realiza de forma cíclica mientras alarmas, parámetros y diagnósticos se transmiten solo cuando es necesario.

Las células de carga y controladores programables se comunican entre ellos exigiendo grandes paquetes de datos y un gran número de funciones potentes de comunicación. Para esto la red Profinet soporta dispositivos de campo sencillos y aplicaciones de tiempo crítico además de integrarse con sistemas de automatización basados en componentes. Todas estas comunicaciones son posibles gracias a protocolos de comunicación. Y CCM (2018) afirma que "Un protocolo es un método estándar que permite la comunicación entre procesos (que potencialmente se ejecutan en diferentes equipos), es decir, es un conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red."

#### **4.5.1 Centro de datos**

El propósito principal de un centro de datos es alojar los servidores necesarios donde su propósito principal es procesar y almacenar datos. Mediante switches todos los servidores reciben y entregan información desde la red según la demanda y el trabajo. La información que este almacena es crítica donde un fallo en el servidor puede dejar sin comunicación los GSE de los molinos tanto el cinco como el anexo.

#### **4.6 Periferia**

Los sistemas industriales en la actualidad han crecido de tal forma que muchas veces es necesario abarcar grandes distancias para controlar varias variables del mismo sistema. Muchas veces los sistemas de control (PLC) presentan problemas al intentar abarcar dichas distancias mediante métodos tradicionales de cableado. En ocasiones

incluso se pueden presentar pérdidas de señal hasta problemas de tensados en los cables al intentar cablear grandes distancias. Como solución a estos problemas se implementa la periferia descentralizada.

La periferia descentralizada consiste en controlar las señales de entradas y salidas de los sensores, actuadores y cualquier otro componente dentro de un sistema industrial y todo con un mínimo cableado mediante una red industrial como Profibus o Profinet. Para llevar a cabo esto es necesario un módulo que centralice la conexión de todos los controles, accionamientos y procese la información recibida del PLC.

El SIMATIC ET 200 de SIEMENS es el empleado para la periferia descentralizada del molino 5 y el molino anexo. Esta periferia permite que el proceso de control sea algo más sencillo de monitorear debido a la cantidad de información a manipular.



***Ilustración 8. Periferia con comunicación profibus***

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

## 4.7 SCADA

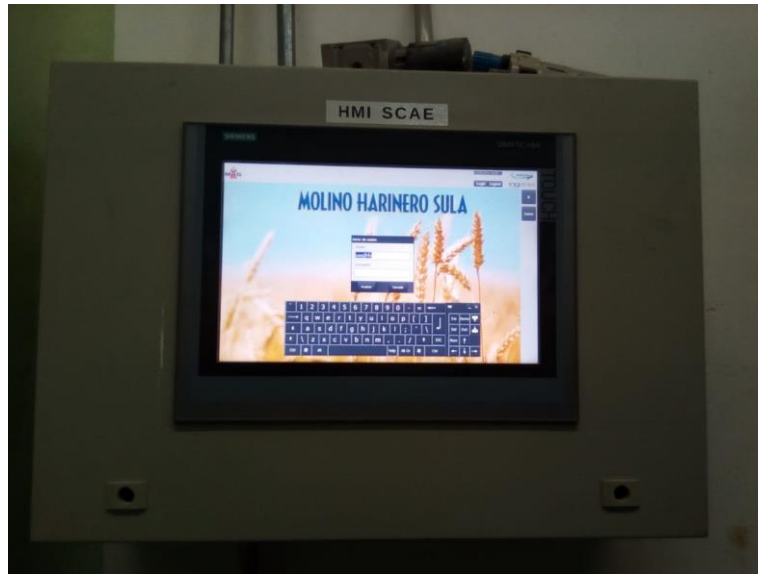
El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que controla, supervisa y monitorea en remoto o tiempo real algún proceso en específico dentro de un sistema industrial. Esto es con el fin de mejorar la toma de decisiones ya que los ingenieros pueden crear alertas y prevenir desviaciones de una forma efectiva. "Tener un control sobre cada aspecto, por pequeño que sea, nos permite mantener los parámetros de calidad deseados." (Kunze, 2016)

El sistema de SCADA con que se cuenta tanto en molino 5 como molino anexo es un panel de operador donde este se compone de una pantalla con resolución de gráficos donde la pantalla es táctil. Este panel transmite datos a y desde el PLC. "Para solucionar tareas de control complejas, en la actualidad suelen utilizarse controles lógicos programables (PLC) donde estos PLC principalmente procesan señales binarias." (Ebel, Idler, Prede, & Sholz, 2008)

Entre las funciones que brindan estos paneles para el operador, están las siguientes:

- Visualizar y parametrizar datos del proceso de molienda.
- Gestión de alarmas del proceso.
- Recopilación de alarmas sucedidas en el tiempo.

En la ilustración se puede observar que estos paneles proveen una parte de toda la información que se genera del proceso productivo de molienda en ambos molinos. Este control puede y debe estar sujeto a permisos y accesos de los usuarios.



***Ilustración 9. HMI SCADA del molino cinco***

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

Leao (2017) afirma que “los PLC se han convertido en la expresión máxima de la automatización industrial, frecuentemente sirviendo de enlace entre máquinas y humanos.” Y para cada sistema automatizado que involucre un PLC, para tener un mejor control del sistema es recomendable tener un SCADA.

#### **4.8 Sistemas de dosificado**

Los sistemas de dosificado más comunes en la industria son los de pistón, los de bomba de engranajes, así como de tornillo. Estos últimos son más usados en la dosificación de elementos de alta densidad.

La función básica de los sistemas de dosificación es preparar cantidades predeterminadas de material en un periodo de tiempo concretado y en la relación definida. Para ser fieles a la receta, lo importante no es el volumen sino la masa del producto a dosificar. Por el contrario, el resultado de dosificación depende de las “características del producto a granel”, de las condiciones del entorno y del proceso de dosificación en relación con el órgano dosificador seleccionado. En lo que



respecta al procedimiento, cabe diferenciar el principio de dosificación volumétrico del gravimétrico.



**Ilustración 10. Dosificador gravimétrico, ALAPALA.**

Fuente: ALAPALA 2018

#### **4.8.1 Dosificación gravimétrica**

En el principio de dosificación gravimétrico o en función del peso, una o varias células de pesaje integradas miden (pesan) el material que se desea dosificar. Por lo tanto la única unidad de medida es el peso. La comparación teórica/real regula la dosificación, por lo que los sistemas gravimétricos pueden compensar automáticamente las posibles desviaciones de la densidad aparente. Otra ventaja es el registro en función del peso de las cantidades que se transportan.

Los dos principios de dosificación resultan adecuados para un servicio síncrono o asíncrono, es decir, la dosificación y el transporte simultáneos o consecutivos de los componentes del material. En el servicio asíncrono, después de la dosificación es preciso conectar una mezcladora para homogeneizar los paquetes de material superpuestos en el depósito colector.



***Ilustración 11. Dosificador ALAPALA del molino cinco.***

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

Para el proyecto de remodelación del molino cinco y molino anexo todo el equipo y maquinaria que se está implementando es de la marca ALAPALA. Para asegurar una perfecta dosificación directa desde cada uno de los silos de harina a cada una de las balanzas de un sistema, es necesario un software especial, que permita la dosificación directa con la compensación de la harina que está viajando por la tubería, en el ajuste fino de la pesada. El sistema tiene en cuenta la cantidad de harina que está en la tubería para darle precisión a la pesada.



**Ilustración 12. Dosificador de molino anexo, sistema de rosca y tolva de recepción.**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

#### **4.9 Tolvas de recepción**

Las tolvas son utilizadas para la recepción y almacenamiento provisional del aserrín, granos, chips, astillas, cáscaras y otros tipos de biomasa. La extracción de la biomasa es efectuada por uno o dos tornillos sinfín extractores, construidos en forma de espiral por hélice metálica, soldado sobre un tubo de acero con paso variable que impide que la biomasa quede detenida en el interior de la tolva. Posteriormente, el material es dosificado en forma controlada, para un transportador de cinta, tornillo o elevador de vasijas, dependiendo de la instalación.

La cantidad de tornillos sinfín para la extracción depende del flujo deseado, lo usual es 1 o 2 tornillos con capacidad de transporte de 5 a 400 m<sup>3</sup>/h.

Este proceso se lleva a cabo por un programa de PLC donde el programa proporciona los datos para el flujo del producto, la comunicación entre la capsula neumática controlada y la célula de carga. El chorro de entrada especial puede dar la posibilidad de la adecuación rápida de la proporción muy alta o muy baja del flujo.

#### **4.10 Celdas de carga**

Es un transductor que convierte la fuerza aplicada sobre ella en una señal eléctrica medible. A pesar de existir varios tipos de sensores, las células de carga son el sensor de fuerza más común del mercado. "Las celdas de carga son sensores de peso electrónicos cuya finalidad es recibir la excitación eléctrica provocada por un peso determinado aplicado a la plataforma y transmitirlo hacia un indicador de peso en forma de una salida eléctrica." (Bellini, 2009)

Los diseños de células de carga se pueden distinguir de acuerdo con el tipo de señal de salida generada (neumático, hidráulico, eléctrico) o de acuerdo con la forma en que detectan el peso (flexión, cizalladura, compresión, tensión, etc.).

Las celdas de carga son sensores que transforman las variaciones de peso en una señal análoga de voltaje, por lo general en el orden de los mili-voltios. Lo cual implica que mediante un sistema de amplificadores se debe acondicionar esta señal para ser utilizada dentro del controlador. (Nicola, 2009)

Hoy en día, a excepción de determinados laboratorios donde todavía se utilizan las balanzas mecánicas de precisión, las células de carga dominan la industria de pesaje. "Las celdas de carga tienen muy variadas aplicaciones en el campo del pesaje y la medición de presión, que van desde el pesaje de camiones hasta pesaje de cosas pequeñas." (Bellini, 2009) Las células neumáticas se utilizan a veces cuando se desea higiene y seguridad intrínseca. Este tipo de celda de carga también es una primera

opción en instalaciones en lugares remotos, ya que no requieren una fuente de alimentación.

#### **4.10.1 Las células de carga extensiométricas**

Convierten a la carga que actúa sobre ellas en señales eléctricas. Los propios medidores están unidos a una viga o elemento estructural que se deforma cuando se le aplica un peso. En la mayoría de los casos, se utilizan cuatro medidores de deformación para obtener la máxima sensibilidad y compensación de temperatura. Dos de los medidores están por lo general en tensión, y dos en compresión, y se conectan con ajustes de compensación. Cuando se aplica un peso, la tensión cambia la resistencia eléctrica de los medidores en proporción a la carga.

#### **4.10.2 Instalación de celdas de carga**

Los elementos de resorte en una célula de carga pueden responder a la tensión directa y flexión. Estas celdas de carga se encuentran instaladas dentro de cada dosificador gravimétrico y dependiendo de qué molino sean, irán conectadas a un determinado panel. Hay dos paneles, uno para molino anexo y otro para molino cinco.

Los módulos se conectan a una fuente externa que permite alimentar las celdas de carga. "Dependiendo del tipo conexiones podrían conectarse tres celdas independientes y hasta doce celdas en paralelo. La conexión en paralelo implica unir los cables del mismo tipo de varias celdas y conectarlas como si fueran una sola". (Nicola, 2009) Es decir, cables de alimentación con cables de alimentación y cables de señal con cables de señal. "Un módulo de expansión para celdas de carga se encarga de dar el acondicionamiento necesario a la señal análoga que genera dicho sensor. La amplifica, filtra y convierte a un valor digital que se puede transportar directamente al PLC." (Nicola, 2009)

#### **4.11 Conexión de panel de mando**

Cada dosificador ya sea del molino cinco o del molino anexo está conectado a un panel de mando que incluye la alimentación de voltaje y el PLC programado. Cada molino tiene su propio panel. Esto quiere decir que todos los nueve dosificadores gravimétricos del molino cinco están conectados a un panel identificado para el molino cinco, igualmente con el molino anexo.

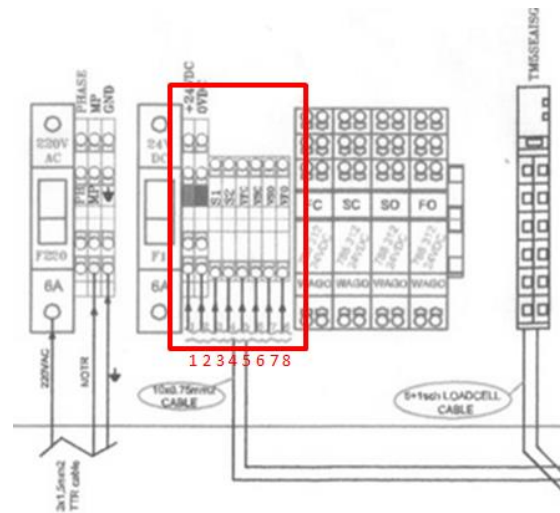
En el anexo III se puede observar el diagrama de conexión del panel para los dosificadores. En toda la sección de anexos se encuentran los diagramas de conexión tanto de los paneles como de las celdas de carga dentro de los dosificadores.



***Ilustración 13. Panel de mando para dosificadores***

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

El cable de comunicación entre el panel y los dosificadores (cable gris que se aprecia en la ilustración 13) que se implementó fue una de nueve hilos y con blindaje. De estos nueve hilos solo se utilizaron ocho, uno por bornera como se puede apreciar en el siguiente diagrama.



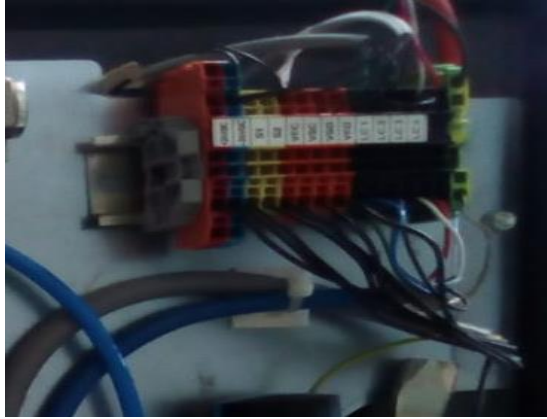
**Ilustración 14. Borneras panel de mando, cableado de comunicación y alimentación.**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A, ALAPALA 2018

Cada dosificador trae su conjunto de borneras para alimentación y comunicación entre el panel y el. En otras palabras, cada panel trae nueve conjuntos de borneras, un conjunto para cada dosificador. "Ya sea que se diseñe, instale, opere o repare equipo eléctrico, debe conocerse la forma en que se miden diversas cantidades eléctricas, como por ejemplo corriente, tensión y potencia." (Mileaf, 2006)

Para mayor seguridad cada bornera esta señalizada. Esto es en ambos extremos de la conexión, tanto en el panel como en el dosificador. Esto se realiza para tener un mejor orden y así evitar erros de conexión entre los equipos. También en caso de que alguien ajeno al departamento eléctrico ocupe hacer una modificación de conexiones, pueda saber a qué corresponde cada cable.

En la ilustración siguiente podemos observar cómo van las conexiones dentro del dosificador.



**Ilustración 15. Conexión dentro del dosificador**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018

Estas borneras se encuentran ubicadas en la parte interna, en la puerta del dosificador. El cable de comunicación sale por un costado del dosificador y mediante una bandeja porta cable tipo malla este llega hasta el panel de mando. En la ilustración que se presenta a continuación se puede observar cómo están ubicadas las borneras y como está ubicado el cable de comunicación.



**Ilustración 16. Sistema interno de dosificador.**

Fuente: Molino Harinero Sula, S.A. 2018



## 4.12 Instalación de bandejas

Con las demandas en constante crecimiento de tener información inmediatamente disponible en nuestras vidas y más en las grandes industrias que manejan grandes cantidades de información, los cables de comunicación de datos son los que permiten la distribución de la información.

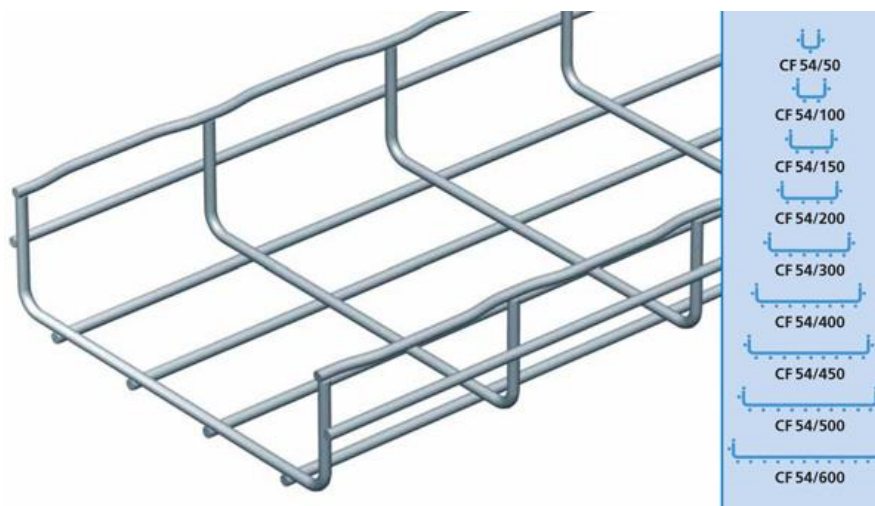
Para este proyecto las bandejas portacables que se instalaron para los GSE y los dosificadores, fueron bandejas con soporte tipo escalera fijadas al techo. Para la fijación de las bandejas se utilizaron materiales tales como:

- Tuerca hexagonal (de 1/4"-5/16"-3/8"-1/2")
- Arandela Plana
- Grampa de fijación para bandeja escalera a perfil C o a ménsula
- Bulón cabeza hexagonal
- Soporte trapecio (de 150 a 600mm)
- Tramo recto de escalera (150-300-450-600)
- Varilla roscada (de 1/4"-5/16"-3/8"-1/2")
- Tuerca para perfil "C" (de 1/4"-5/16"-3/8"-1/2")
- Perfil "C" (01-02-03-04-05)

La instalación se llevó a cabo siempre siguiendo las normas de seguridad.

### 4.12.1 Selección de bandeja

Estas bandejas se compraron al distribuidor SEL (Suministros Eléctricos) y se escogió la bandeja CF 54/200 como se muestra en la ilustración ya que esta es la idea para la cantidad de cables a alojar en ella.



**Ilustración 17. Catálogo de bandejas porta cable.**

Fuente: Catálogo de Suministros Eléctricos, SEL. 2018

Estas bandejas fueron instaladas en el primer y segundo piso del molino cinco. Este trabajo se llevó a cabo después de la instalación de los dosificadores, roscas de transporte y las tolvas de recepción.

Estas bandejas son tipo malla y por su estructura permiten que el cable ya sea de comunicación o de datos pueda ser sujeto a ella con fajillas o fajas de velcro. Siendo esto conveniente para mantener un orden y estética en la instalación del cableado.

Estos soportes están fabricados a base de hilos de acero al carbón formando una malla en el sentido longitudinal a 50mm y en el Sentido transversal a 100mm, con borde de seguridad tipo gancho que ofrece una doble protección, tanto al cable como al instalador. Además la charola cuenta con doble hilo lateral a partir del ancho de 150 mm.

Algunas características por las que se prefirió la instalación de esta bandeja en vez de cualquier otro tipo se presentan a continuación.

- Rápida instalación
- Fácil fijación (sin tornillos) sobre perfiles y ménsulas

- Seguridad para los cables y para el instalador. (Borde de seguridad)
- Alta disipación del calor debido a la ventilación de la malla.
- Evita la acumulación de polvo.
- Una gama completa de aplicaciones en instalación.
- Reducción significativa de desperdicios en comparación con las escaleras comunes.

Para una empresa con certificación en calidad e inocuidad de sus productos es necesario e indispensable que sus equipos, estructura y procesos sean ideales. Una razón principal para implementar este tipo de bandeja es que al ser de malla evita la acumulación de cable y así permite un mejor control de higiene.

## **IV. Metodología**

La metodología consiste en un conjunto de técnicas y procedimientos cuyo propósito fundamental es implementar procesos de recolección, clasificación y validación de datos. Es un conjunto de procedimientos y técnicas que se aplican de manera ordenada a la hora de realizar un estudio. Su función es otorgarle validez a los resultados obtenidos durante el proceso de análisis y estudio del proyecto.

En este punto del proyecto se exponen y describen los criterios utilizados en la elección de la metodología con la que se trabajó y las razones por las cuales se considera que dichos procedimientos son los adecuados para el desarrollo del proyecto.

La elección de un método de investigación y un enfoque es crucial para las conclusiones que se presentan al final de cualquier proyecto. Cabe mencionar que es importante que la metodología se encuentre dentro de límites realizables. Que el tiempo, viabilidad, dinero y disponibilidad no limiten el desarrollo del proyecto y así se pueda cumplir en el tiempo estipulado.

### **5.1 Variables de investigación**

Las variables de investigación en un proyecto o investigación, son factores que pueden ser medidos y manipulados. La mayoría de las investigaciones miden factores cuantificables, tales como ser el tiempo, peso, etc. y cualquier factor que pueda tomar valores diferentes constituye una variable que influye en el resultado de una investigación o proyecto.

Para este proyecto de remodelación que se propuso Molino Harinero de Sula, lo que se busca es mejorar la calidad de sus productos. Las variables de investigación para

este proyecto son los pesos de trigo que maneja cada equipo, el tiempo de comunicación entre equipos.

Existen dos tipos de variables muy importantes dentro del método de investigación y son las variables dependientes e independientes.

### **5.1.1 Variables independientes**

La variable independiente es el centro de la investigación y esta puede ser aislada y manipulada. Estas variables son los tiempos de comunicación entre los equipos:

- Entre el dosificador y el PLC.
- Entre el GSE y las básculas de los bancos de molienda.

Muchas veces hay retrasos y fallos en la comunicación debido a mala programación de los puertos o saturación en la red por bucles.

### **5.1.2 Variables dependientes**

Estas variables son el resultado de manipular las variables independientes. Si el tiempo de comunicación entre los equipos es mal programado nuestras variables se verán afectadas.

- Peso programado en el GSE para las basculas del producto proveniente de los bancos de molienda.
- El peso que se programa al dosificador que entregue a las roscas de transporte.

## **5.2 Enfoque y métodos**

En una investigación hay que tener clara la metodología a seguir y el enfoque. Dentro de la metodología haremos uso de la técnica definida. Otro punto muy importante es el enfoque que se le desea dar al proyecto.

Se pueden tener dos tipos de enfoque, el cualitativo y el cuantitativo. En caso de ser ambas, se considera un enfoque mixto y para este proyecto el enfoque fue mixto. Para este proyecto el enfoque es cualitativo y a continuación se explica.

### **5.2.1 Enfoque cualitativo**

Este enfoque se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni predeterminados completamente. Mediante observación no estructurada, entrevistas abierta con los operarios, revisión de documentos, discusiones con jefes de planta, se determinó que áreas de la comunicación entre equipos era necesario ser mejorado y la calibración de las celdas de carga de las basculas para los bancos de molienda y los dosificadores gravimétricos.

Con la aproximación cualitativa se evaluó el desarrollo natural de los sucesos durante las instalaciones sin fundamentación en análisis estadístico.

### **5.3 Población y muestra**

La población se refiere al conjunto total de elementos objeto de nuestro estudio o investigación. Universo de elementos a estudiar. Para este proyecto la población sería lo que es el molino cinco y el molino anexo que es donde se lleva a cabo la remodelación para la mejora de la calidad de producción.

La muestra es una parte o conjunto de elementos, extraídos de la población, donde su estudio sirve para extraer características de toda la población. La muestra es tomada igual de molino cinco y molino anexo ya que estos molinos son los que están siendo remodelados para una mejor producción y calidad de productos.

Estos molinos están siendo remodelados ya que son los que más producen. Normalmente se selecciona la muestra de una población ya que estudiar todos los elementos de una población se vuelve muy difícil, extenso y poco práctico.

#### **5.4 Técnicas e instrumentos aplicados**

Previo a iniciar se realizaron una serie de entrevistas a los técnicos encargados de darle mantenimiento y a los operarios del área de molienda para conocer cuáles eran los problemas más graves que han presentado los equipos.

Mediante pruebas de calibración para las básculas de los bancos de molienda se determinó si había buena comunicación entre los GSE y estas mismas; y a su vez verificar si estaban bien calibradas. Un formato de pruebas de calibración se muestra en el anexo I.

#### **5.5 Fuentes de información**

Las fuentes empleadas en este proyecto son todos aquellos diversos tipos de documentos que se consultaron y fueron útiles para brindar información para cumplir con nuestra necesidad de datos. Es importante lograr distinguir aquellas fuentes que fueron indispensables para el desarrollo del proyecto.

Para llevar a cabo este proyecto se consultó a distintos materiales facilitados por la empresa, en la mayoría de los casos.

Algunas de las fuentes utilizadas en el proyecto fueron:

- Manual de direcciones y puertos de equipos en la empresa
- Manuales de equipos ALAPALA
- Manuales de equipos Alpha Tech
- Manuales de equipos Chronos Richardson
- Planos de conexiones para los equipos ALAPALA

#### **5.6 Cronograma de actividades**

Actividad		Semana									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Desmontaje de equipo										
2	Desmontaje de cableado eléctrico										
3	Reunión con representantes de ALAPALA										
4	Instalación de roscas y dosificadores										
5	Instalación de cableado de GSE										
6	Instalación de paneles de control										
7	Conexión neumática de dosificadores										
8	Instalación de cableado de dosificadores										
9	Conexión eléctrica de paneles y dosificadores										
10	Conexión y cableado de periferia										
11	Conexión y cableado de HMI SCADA										

**Tabla 1. Cronograma de actividades**

Fuente: Elaboración propia, 2018.



## **V. Descripción del trabajo realizado**

Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre Molino Harinero de Sula inicio con un plan de remodelación de sus dos molinos de producción más importantes. Molino cinco es el molino con mayor producción de harina A y el molino anexo es donde se procesan y producen los subproductos como ser el afrecho y salvado de trigo.

La idea de esta remodelación es mejorar el proceso de producción mediante la mejora de la maquinaria dentro de los molinos. Estas mejoras van desde los medios de transporte del trigo y dosificación hasta la limpieza del trigo previo a convertirse en harina consumible.

Durante todo el proceso de remodelación no solo se hicieron cambios en estructura o maquinaria sino que también se realizó una mejora en lo que es la red de comunicación entre los equipos de molienda y sistemas de dosificación.

Para el sistema de dosificación se instalaron dieciocho ponderales de dosificación gravimétrica donde nueve pertenecen al molino cinco y nueve al molino anexo. Para este sistema se realizaron las conexiones tanto neumáticas, de comunicación como también de alimentación. Desde la instalación de bandejas para el transporte y alojamiento de los cables hasta la instalación de los paneles de mando para los sistemas de dosificación y los bancos de molienda.

Una vez se llevó a cabo el desmontaje de la antigua maquinaria, se procedió a la instalación de las bandejas sobre las cuales se iban a acondicionar los cables de comunicación entre los equipos. Para ello fue necesario esperar a que se entregaran los planos de ubicación de cada uno de los equipos nuevos que iban a ser instalados dentro de los molinos.

Los trabajos detallados en este informe fueron realizados en los meses de noviembre y parte de diciembre.

## **5.1 Dosificadores gravimétricos**

Una vez los dosificadores gravimétricos fueron instalados adecuadamente junto con sus roscas de transporte y sus tolvas de recepción, se realizó la instalación de las respectivas bandejas para cableado. Estas bandejas fueron instaladas en el techo del primer piso del molino cinco y el cableado que estas alojan son los de los dosificadores para las conexiones en los paneles de mando. Cabe recalcar que los dosificadores del molino anexo se encuentran dentro del molino cinco.

Una vez las bandejas fueron instaladas se procedió a realizar el cableado de alimentación y comunicación para cada celda de carga contenida en los dosificadores. Nueve dosificadores están identificados para molino cinco y otros nueve están identificados para el molino anexo; un total de dieciocho dosificadores gravimétricos, Cada grupo de dosificadores va conectado a un panel de mando donde se encuentra el PLC y la fuente de alimentación.

Con el cableado de los dosificadores ya instalado se realizaron las conexiones y los diagramas de conexión para ellos se encuentran en los anexos de este informe.

## **5.2 Comunicación GSE**

Para los bancos de molienda del molino cinco se cuentan con cinco GSE respectivos para trigo limpio, trigo sucio, harina A, afrecho y salvado. Para los bancos de molienda de molino anexo se cuentan con cuatro GSE respectivos para trigo limpio, harina A, afrecho y salvado. Para estos GSE se reemplazó por completo el cable UTP de comunicación siempre manteniendo las mismas direcciones.

## VI. Conclusiones

Como dice Steren (2008) "La mecatrónica toma la oportunidad de analizar y resolver los problemas de automatización desde una perspectiva diferente integral. Donde los ingenieros no se deben limitar a considerar únicamente la solución desde el punto de vista de su especialidad sino en el contexto de una gama de tecnologías."

- Se identificaron los cables de red de comunicación que era necesario que fueran reemplazados por presentar problemas; esto fue realizado mediante pruebas de comunicación entre los equipos.
- Se observó que reemplazando el cableado de red de comunicación de los equipos GSE y la pantalla HMI de SCADA mejoró el rendimiento de estos equipos. El cableado fue reemplazado junto con sus bandejas porta cable así que también se hizo una mejora en estética.
- Se realizó el montaje y conexión de paneles de control de los dosificadores gravimétricos y se hicieron pruebas de conexión y continuidad como medio preventivo para evitar fallos de conexión.

## **VII. Recomendaciones**

### ***Para la universidad***

- Recibir una clase que no sea optativa donde se enseñe de manera práctica y teórica circuitos de mando.
- Ofrecer más visitas a industrias e ingenios para familiarizarse con lo que nos podemos llegar a encontrar en el ámbito profesional. Ya que, de momento sólo las asociaciones estudiantiles se encargan de eso.
- Tratar de conseguir, mediante talleres, conocimiento práctico para los alumnos avanzados en áreas específicas que no cubre el pensum. Ya que los talleres avanzados son muy escasos.

### ***Para la empresa***

- Tener una mejor comunicación o cohesión con el departamento de mecánica y el de eléctrica, ya que a veces no se puede avanzar tan rápido porque a veces no se logra resolver los problemas de manera eficiente porque los departamentos funcionan de manera independiente.
- Tener un mejor control sobre inventario de equipo o de partes de herramientas. Ya que a veces no se podía avanzar en determinada tarea ya que no estaba la herramienta o el componente para realizarla.
- Definir un límite para la cantidad de practicantes en los departamentos, ya que suelen llegar a ser excesivas la cantidad de personas que hay trabajando, cosa que en ciertos casos llega a hacer ineficiente determinadas tareas.

## Bibliografía

- Heinz, L. (2002). *Wege aus dem Validierungsdschungel*.
- Oceano Uno (2001). *Enciclopedia Oceano Uno*
- Sánchez, C., Palomino, A., & Sánchez, J. M. (2012). *Guía para la integración de sistemas de gestión (2da ed.)*.
- Susana Jiménez (2008). *Métodos de Producción*.
- Niebel (2002). *Ingeniería industrial 9ª edición*
- Muñoz-Marí, J., & Rosado-Muñoz, A. (2007). *Sistemas industriales distribuidos*.
- Asqui, L., & Lema, I. (2013). *Diseño e implementación de una red de comunicación Ethernet didáctica con PLC para el control y monitoreo de procesos modulares*.
- Mascarós, V., Casanova, V., & Salt, J. (2004). *Análisis experimental del funcionamiento de un sistema de control basado en red sobre el protocolo Profibus-DP*.
- Gudiño, Ri., & Cevallos, H. (2003). *Control de nivel implementado en la estación de entretenimiento GUNT RT 450 del laboratorio instrumental industrial*.
- CCM. (2018). *Protocolos de comunicación*.
- Kunze W (2016). *Technologie für Brauer und Mälzer. Berlin*.
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Sholz, D. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización (2da ed.)*. FESTO.
- Leao, L. (2017). *Ingeniería eléctrica moderna*.
- Bellini, B. (2009). *Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía*.

Nicola, A. (2009). *Implementación de un sistema de pesaje para trigo en un proceso de producción de harina.*

(Nicola, 2009) *Conexión de celdas de carga en paralelo.*

Mileaf, H. (2006). *Curso práctico de electricidad.*

Rodríguez, E. (2013). *Elementos de automatización. Chile: Ventura.*

Steren (2008). *El ABC de la Mecatronica.*

# Anexos

## Anexo I. Verificación de Basculas

	<b>MOLINO HARINERO SULA, S.A.</b>	<b>CODIGO:REG-ELEC-007</b>
	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO	REVISION: 2
	VERIFICACION DE BASCULAS	FECHA: ENERO 2018

### DATOS GENERALES

Fecha \_\_\_\_\_ Instrumento de pesaje \_\_\_\_\_  
 Codigo \_\_\_\_\_ Area \_\_\_\_\_ Ubicacion \_\_\_\_\_  
 Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_ Serie \_\_\_\_\_  
 Masas Propias Si  No  Trazabilidad de Masas \_\_\_\_\_ Exactitud de Masas \_\_\_\_\_  
 Kg  g

### VERIFICACION DEL EQUIPO

#### 1. Mediciones Preliminares

Valor Nominal \_\_\_\_\_

	Valor Indicado
Antes de Ajuste	
Despues de Ajuste	
Valor Corregido	

**Instrucciones**  
 Medir masa patron segun valor nominal en posiciones segun la forma geometrica del plato (Figura 1). Anotar diferencia entre valor nominal y valor de medicion en columna de Diferencia (Manual de Procedimiento P-ELEC-017)

#### 2. Prueba de Repetibilidad

Valor Indicado

1
2
3
4
5

**Instrucciones**  
 Medir masas segun el valor nominal en forma repetitiva y anotar su valor de medicion (referirse al Manual de Procedimiento P-ELEC-016).

#### 3. Prueba de Excentricidad

Valor nominal \_\_\_\_\_

Posicion en plato	Valor	
	Indicado	Diferencia
1		
2		
3		
4		
5		

**Instrucciones**  
 Medir masa patron segun valor nominal en posiciones segun la forma geometrica del plato (Figura 1). Anotar diferencia entre valor nominal y valor de medicion en columna de Diferencia (Manual de Procedimiento P-ELEC-017)

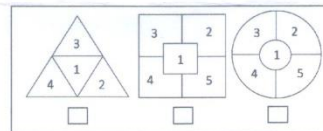


Figura1 - Tipos de platos

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Notas

Si las pruebas realizadas indican una falla de excentricidad o repetibilidad, se informara al jefe de area sobre los resultados, y se procedera a realizar una OT para determinar la causa de la falla, y reparar el equipo.

Elaborado por \_\_\_\_\_

Ejecutor del Proceso

Revisado por \_\_\_\_\_

Encargado de Seguimiento y Verificacion

Gestor del Proceso

Encargado de Seguimiento y Verificacion

\_\_\_\_\_

Tecnico

\_\_\_\_\_

Firma

\_\_\_\_\_

Jefe Area

\_\_\_\_\_

Firma

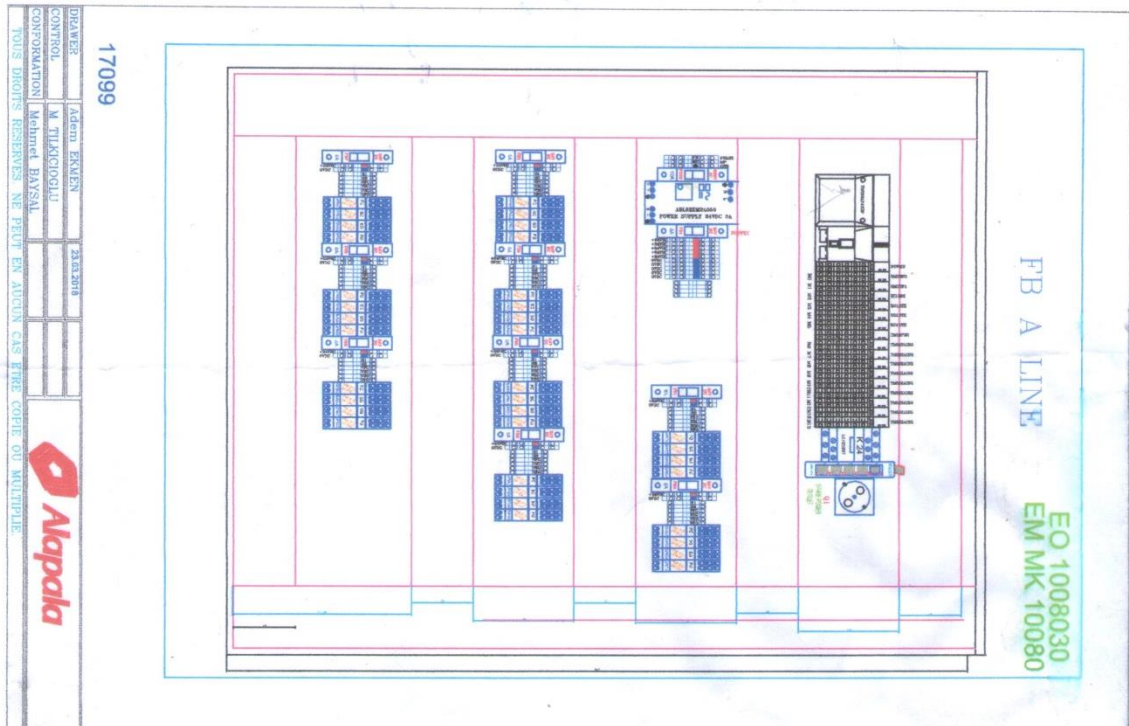
\_\_\_\_\_

Jefe Depto

\_\_\_\_\_

Firma

## Anexo II. Panel de Dosificadores Línea A

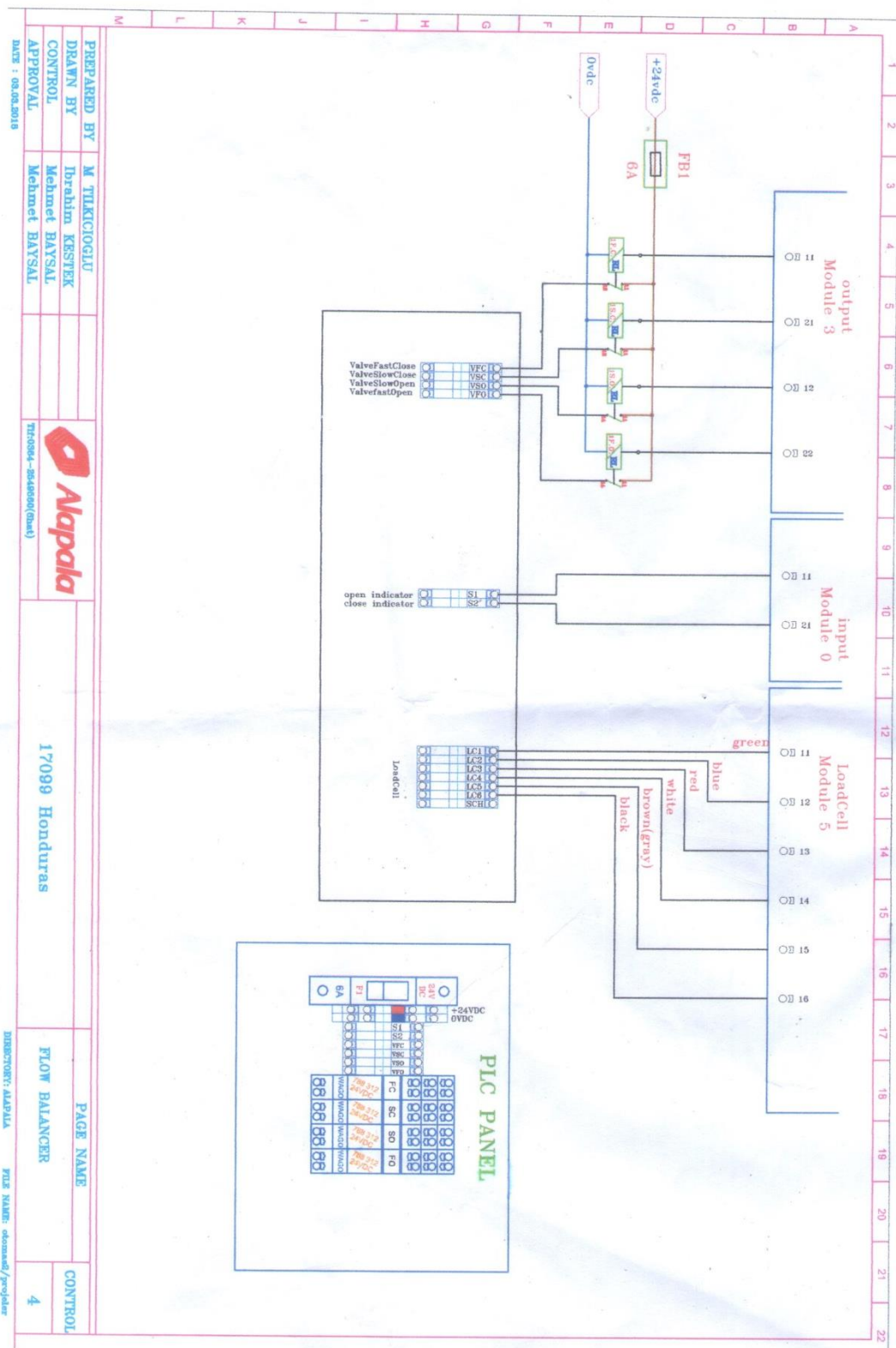


Fuente: Molino Harinero de Sula, S.A., ALAPALA 2018





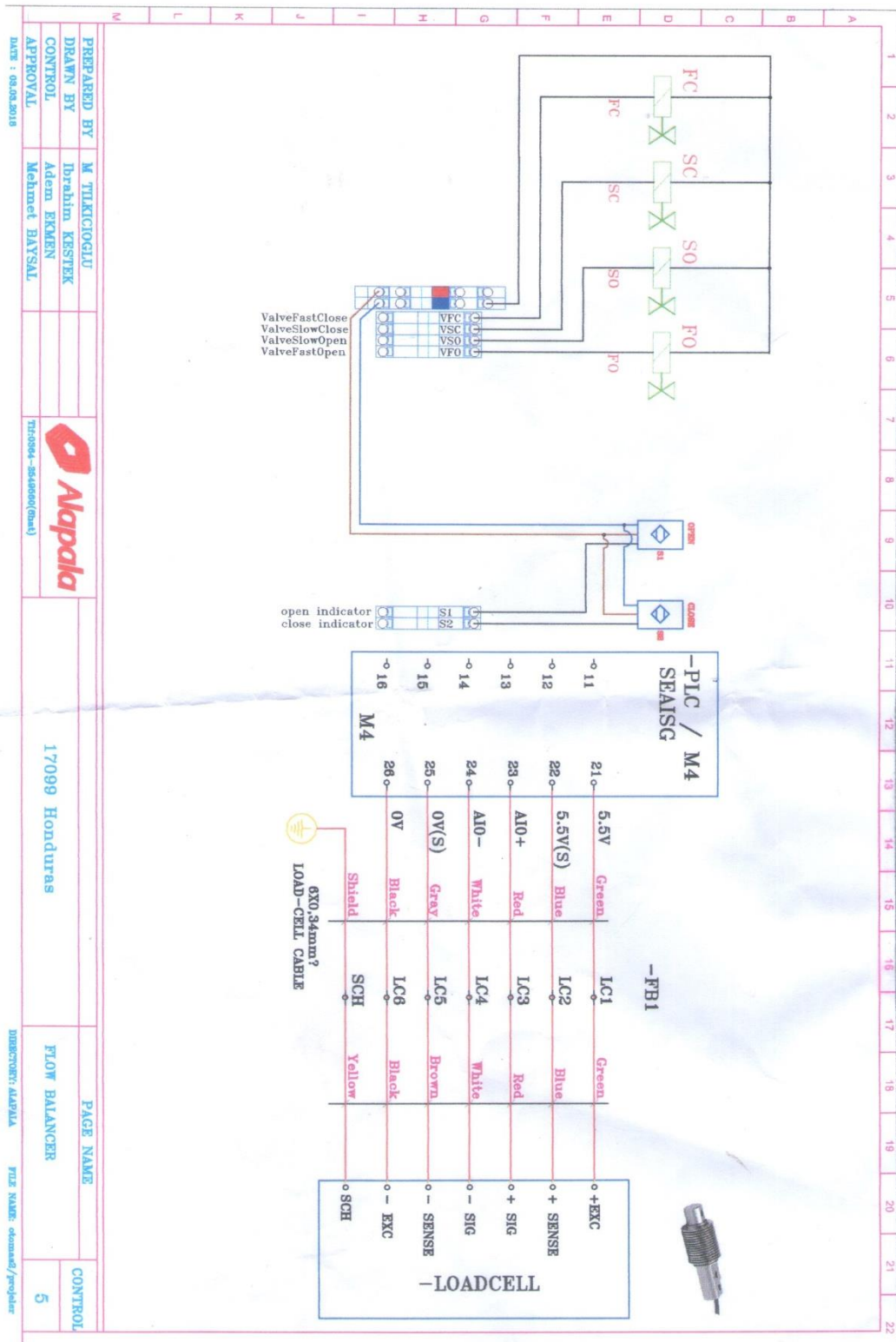
# Anexo IV. Diagrama de conexión de celdas de carga



PREPARED BY	M TIKIGIOGLU		17099 Honduras	PAGE NAME	CONTROL
DRAWN BY	Ibrahim KESTER			FLOW BALANCER	
CONTROL	Mehmet BAYSAL				
APPROVAL	Mehmet BAYSAL	TITULOS-asesores(ama)		DATE	08.05.2018
				DIRECTORY: ALPALA	FILE NAME: okomand/projalar

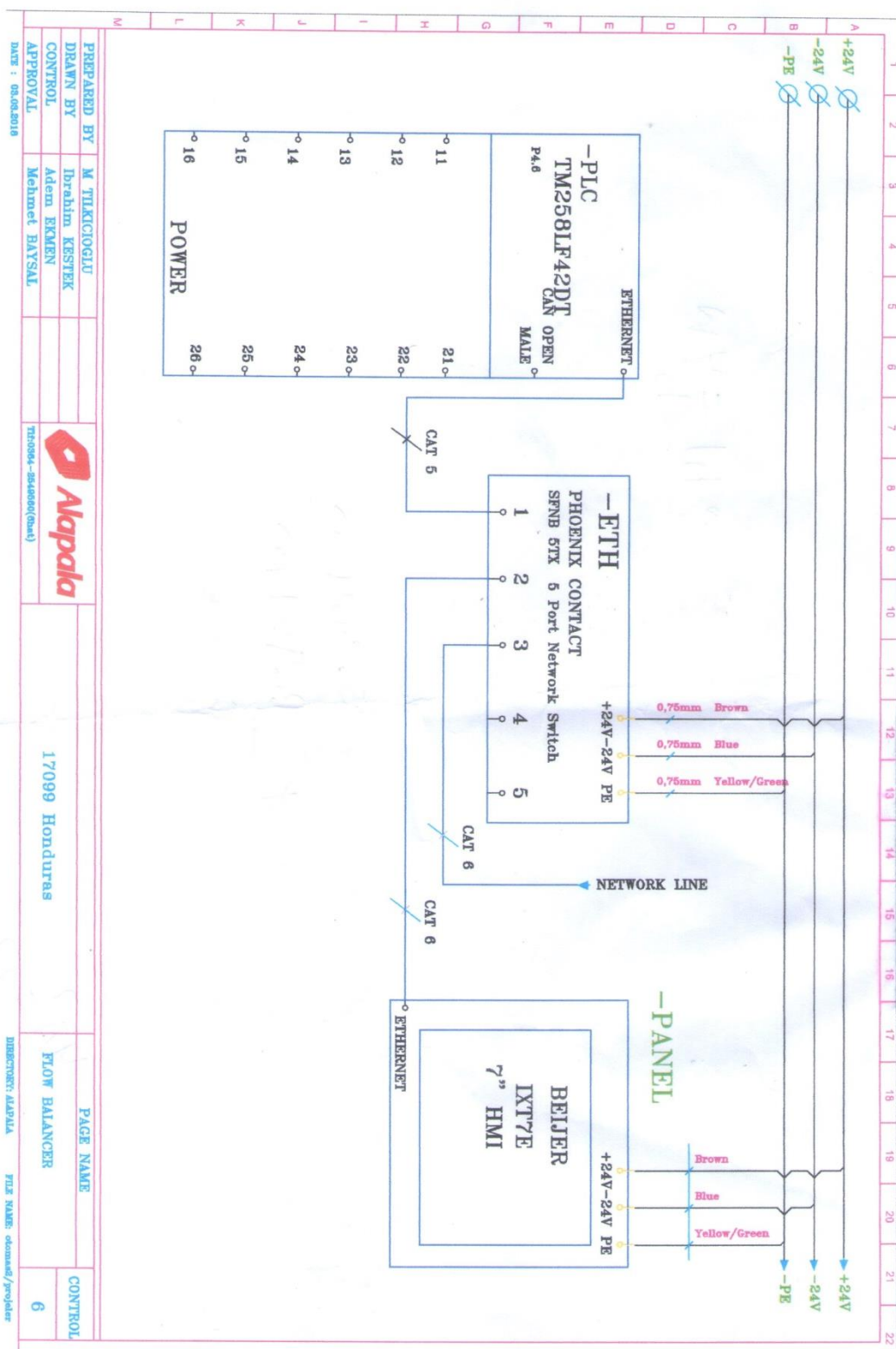
Fuente: Molino Harinero de Sula, S.A., ALAPALA 2018

## Anexo V. Conexión celdas de carga al PLC



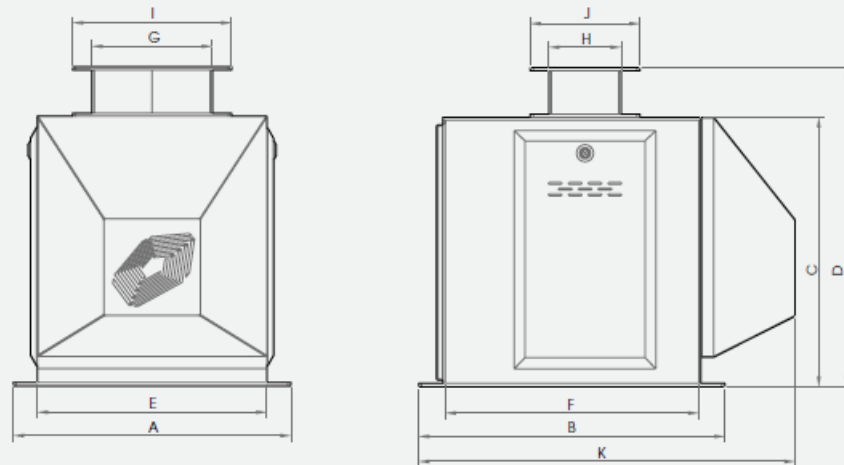
Fuente: Molino Harinero de Sula, S.A., ALAPALA 2018

Anexo VI. Diagrama de voltajes de alimentación



Fuente: Molino Harinero de Sula, S.A., ALAPALA 2018

## Anexo VI. Dimensionamiento de dosificador ALAPALA



### Dimensions [mm]

Model	A	B	C	D	H	G	∅J
TFBI 25	350	700	594	650	240	295	150
TFBI 50	600		600			545	200

### Technical Features

Capacity(t/h) Wheat	Weights (Kg)		Gross Volume (m <sup>3</sup> )
	Net	Gross	
30	150	198	0,3
50	200	260	0,5

Fuente: Molino Harinero de Sula, S.A., ALAPALA 2018