

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**“Montaje de una fabrica de producción de alimento balanceado para
Avícola Santa Lucia utilizando un sistema HMI”.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: ALVARO MAURICIO SÁNCHEZ MAYORGA

Latacunga, Marzo 2008

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Alvaro Mauricio Sánchez Mayorga bajo nuestra supervisión.

Ing. Marco Singaña
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Washington Freire
CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios por ser mi apoyo durante mi vida, en la culminación de este proyecto y en el comienzo de uno nuevo, le pido siga siendo el motor principal de mi vida.

Agradezco a todos mis profesores que me transmitieron sus conocimientos durante mi carrera en la universidad que nunca olvidare, por que sin ellos el sueño que fue este proyecto no se hubiera hecho realidad.

Mil gracias a mis hermanos y a mis papis por el apoyo que me brindaron durante mi carrera, a mi mejor amiga Mireya por ser mi apoyo en el inicio del proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a ti Dios por regalarme una familia maravillosa que siempre creyó en mí especialmente a mi madre que nunca me quito su apoyo en la ejecución de este proyecto, a mi hermano por su valiosa ayuda, y a todas las personas que aportaron con sus ideas y consejos para la culminación de este proyecto.

Este proyecto es suyo hermanitos y ahora forma parte de nuestra empresa.

El presente proyecto fue desarrollado en su totalidad por:

Sr. Alvaro Mauricio Sánchez

Bajo la dirección y supervisión de:

Ing. Marco Singaña

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Washington Freire

COORDIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Marzo 2008.

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE
LATACUNGA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Alvaro Mauricio Sánchez Mayorga.

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejercito la publicación en la biblioteca virtual de la tesis titulada “Montaje de una fabrica de producción de alimento balanceado para Avícola Santa Lucia utilizando un sistema HMI”.

Cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

ALVARO SÁNCHEZ

CI: 1803892205

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	1
CAPITULO I	
MARCO TEÓRICO	2
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 El alimento Balanceado en el Ecuador	3
1.2.1 Características Generales	3
1.2.2 Historia en el Ecuador	4
1.2.3 Precios	5
1.3 Descripción del proceso de Fabricación de Alimentos Balanceados	7
1.3.1 Introducción	7
1.3.2 Ingredientes comúnmente utilizados en la Fabricación	7
1.3.3 Proceso de manufactura de alimentos de calidad	8
1.4 Tipos de Maquinaria utilizada en la Fabricación	12
1.4.1 Molinos	12
1.4.2 Equipo de Transporte de Ingredientes y Balanceado	14
1.4.3 Equipo de Mezclado	19
1.5 Sensores y Actuadores utilizados en plantas de alimentos balanceados	22
1.5.1 Sensores	22
1.5.2 Actuadores	26

1.6 Control y Monitoreo de proceso	28
1.6.1 Introducción	28
1.6.2 Definición de HMI	28
1.6.3 Tipos de HMI	29
1.6.4 Funciones de un Software HMI	30
1.6.5 Niveles de Automatización	30
1.6.6 Dispositivos HMI	32
1.6.7 Algunos Software Industriales para HMI	33
CAPITULO II	
ANÁLISIS SELECCIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS	38
2.1 Determinación del Diagrama del Proceso	38
2.1.1 Introducción	38
2.1.2 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de Balanceados	40
2.2 Determinación de la demanda de la empresa	42
2.2.1 Análisis de la Demanda	43
2.3 Selección y montaje de la maquinaria	44
2.3.1 Selección del equipo de almacenamiento y dosificación	44
2.3.2 Selección del Equipo de Transportación de Materia Prima y Producto Terminado	47
2.3.3 Selección del Equipo de Molienda	56
2.3.4 Selección del Equipo de Mezclado	58
2.4 Selección e implementación del sistema eléctrico y neumático	59

2.4.1 Selección del sistema eléctrico	59
2.4.2 Selección de Equipo Neumático	67
2.5 Selección del sistema de instrumentación y adquisición de datos	71
2.5.1 Selección de los dispositivos de control del sistema	72
2.5.2 Selección de Equipos de Instrumentación	79
CAPITULO III	
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	82
3.1 Circuitos de de acondicionamiento de señal de sensores	82
3.1.1 Acondicionamiento de señal de las celdas de Carga	84
3.2 Sistema de adquisición de datos	85
3.2.1 Adquisición de datos de la tarjeta sumadora de señales	86
3.2.2 Adquisición de datos por Field Point	87
3.3 Desarrollo del Software de control y monitoreo	91
3.3.1 Control de proceso de molienda	95
3.3.2 Control de procesos de Dosificado	100
3.4 Implementación del sistema de control y monitoreo	107
3.4.1 Ubicación de motores	107
3.4.2 Ubicación de cilindros neumáticos	110
3.4.3 Ubicación de sensores	112
3.4.4 Ubicación de tableros	113

CAPITULO IV	
PRUEBAS Y RESULTADOS	119
4.1 Pruebas totales del sistema de elaboración de producto	119
4.1.1 Pruebas de los dispositivos de comunicación	119
4.1.2 Pruebas de la báscula	120
4.1.3 Pruebas de arranque de motores con carga	120
4.1.4 Pruebas de hardware de sistema de control	121
4.2 Pruebas para encontrar los tipos de ejecución óptimos	122
4.3 Pruebas de funcionamiento del sistema con los diferentes tipos de dietas alimenticias	123
4.4 Manual de operación del sistema de elaboración de alimentos	123
CAPITULO V	
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO	127
5.1 Análisis de inversión del proyecto	127
5.1.1 Costos de implementación del Proyecto	127
5.2 Relación de producción con la antigua planta	130
5.3 Ventajas y desventajas de la implementación del sistema HMI	132
5.3.1 Ventajas	132
5.3.2 Desventajas	132
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
6.1 Conclusiones	133

6.2 Recomendaciones	134
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1.1 Destino de la producción de alimento balanceado por tipo de animal	5
Figura 1.2 Molino de Martillos	13
Figura 1.3 Molino de Rodillos	14
Figura 1.4 Transportador Helicoidal	15
Figura 1.5 Transportador de Dragas	16
Figura 1.6 Transportador de Banda	17
Figura 1.7 Transportador Vibratorio	18
Figura 1.8 Elevador de Cangilones	19
Figura 1.9 Mezcladora Vertical	20
Figura 1.10 Mezcladora Horizontal	21
Figura 1.11 Mezcladora de Flujo Continuo	22
Figura 1.11 Sensor de Paletas Rotativas	23
Figura 1.12 Sensor Vibratorio	24
Figura 1.13 Membrana Sensitiva	24
Figura 1.14 Sensor Capacitivo	25
Figura 1.15 Celda de Carga	26
Figura 1.15 Diagrama de Sistema HMI	29
Figura 1.16 Niveles de Automatización	31
Figura 1.17 Sistema HMI implementado en Lookout	34
Figura 1.17 Pantalla de un sistema implementado en InTouch	35
Figura 1.18 Pantalla de Wincc	36
Figura 1.19 Pantalla de Presentación io Display	37
Figura 2.1 Símbolos usados en Diagramas de Procesos	39
Figura 2.2 Diagrama de Procesos de la Fabricación de Alimento Balanceado	41
Figura 2.3 Proyeccion de Incremento de Aves.	43

Figura 2.4 Proyeccion de Consumo Alimento Balanceado.	43
Figura 2.5 Silos de Almacenamiento con fondo Cónico	45
Figura 2.6 Proceso de llenado de tolva dosificadora	46
Figura 2.7 Tolva de Dosificado	47
Figura 2.8 Elevador de Cangilones de Materia Prima	49
Figura 2.9 Distribuidor Principal	50
Figura 2.10 Rueda indicadora principal con accionamiento mecánico	51
Figura 2.11 Distribuidor Secundario y rueda de Accionamiento Mecánico	51
Figura 2.12 Transportador Maíz en Grano	54
Figura 2.13 Conjunto de Transportadores para el Dosificado de Productos	54
Figura 2.14 Despacho de Producto Terminado	55
Figura 2.15 Selector de posición para Empaque o despacho de Producto al Granel	56
Figura 2.16 Molino de Martillos	57
Figura 2.17 Mezcladora Horizontal de Cintas	59
Figura 2.18 Arrancador Suave Alistar 01	61
Figura 2.19 Variador de Frecuencia Altivar 31	65
Figura 2.20 Vista Interior del Tablero	66
Figura 2.21 Puerta de Acceso al Tablero Principal	67
Figura 2.22 Compresor Porter Cable 3 hp	68
Figura 2.23 Electroválvula Metal Work biestable	69
Figura 2.24 Diagrama de conexión del sistema neumático	70
Figura 2.25 Racors Metal Works	71
Figura 2.26 Módulo de Interfaz de Red FP-1000	74
Figura 2.27 Módulo de Salida a Relé RLY-420	76
Figura 2.28 Módulo de Entradas y Salidas Analógicas FP-AIO 610	77
Figura 2.29 Modulo de Entradas Digitales FP-DI 301	77
Figura 2.30 Modulo de Salidas Digitales FP-DI 401	78

Figura 2.31 Celda de Carga Mod: 5K/SE LB SBS-5K	80
Figura 2.32 Sensor Capacitivo Modelo: HCP – 30RP – 15 NA	81
Figura 3.1 Tarjeta Sumadora de Señales	85
Figura 3.2 Indicador Digital	86
Figura 3.3 Esquema de conexión del módulo FP DI 301	87
Figura 3.4 Esquema de conexión del módulo DO 401	89
Figura 3.5 Esquema de conexión Módulo RLY-420	90
Figura 3.6 Esquema de conexión del Módulo AIO – 610	91
Figura 3.7 Pantalla principal de control	92
Figura 3.8 Diagrama de Flujo del Proceso de Molienda	96
Figura 3.9 Diagrama de Bloques del proceso de molienda cuando $z=0$	97
Figura 3.10 Diagrama de Bloques del proceso de molienda cuando $z=1$	98
Figura 3.11 Diagrama de Bloques del proceso de molienda cuando $z=2$	98
Figura 3.12 Diagrama de Bloques de simulación de carga de las tolvas.	99
Figura 3.13 Diagrama de Flujo del Proceso de Dosificación	102
Figura 3.14 Diagrama de Bloques de lectura del puerto serial	103
Figura 3.15 Diagrama de Bloques, cuando botón DOSIFICADO=True	103
Figura 3.16 Diagrama de Bloques cuando estructura CASE es False	104
Figura 3.17 Diagrama de Bloques cuando $x=6$	105
Figura 3.18 Diagrama de Bloques cuando $x=7$	106
Figura 3.19 Diagrama de Bloques cuando $x=8$	106
Figura 3.20 Diagrama de Bloques de accionamiento de Mezcladora y Elevadores	107
Figura 3.21 Ubicación del Motor de la Mezcladora	108
Figura 3.22 Ubicación de Motores de Polvillo y Harina de Pescado	109
Figura 3.23 Ubicación del Motor del Transportador del Carbonato de Calcio	109
Figura 3.24 Ubicación del Motor del Elevador de Cangilones	110
Figura 3.25 Cilindro Doble Efecto de la Tolva de Pesaje	111

Figura 3.26 Cilindro Neumático de la Puerta de la Mezcladora	111
Figura 3.27 Ubicación del Sensor Capacitivo en el silo de Almacenamiento	112
Figura 3.28 Ubicación de las Celdas de Carga	113
Figura 3.29 Cabina de Control	114
Figura 3.30 Tablero Principal	115
Figura 3.31 Tablero de Adquisición de Datos	116
Figura 3.32 Tablero de Confirmación de Aditivos	117
Figura 3.33 Vista interior del tablero de Confirmación de Aditivos	118
Figura 4.1 VI utilizado para las pruebas de Hardware	121
Figura 4.2 Botón de inicio del Proceso de Molienda.	124
Figura 4.3 Controladores numéricos para el ingreso de Datos	125
Figura 4.4 Control numérico para el ingreso de las TM a fabricarse	125
Figura 4.5 Botón de Inicio del Proceso de Dosificado	125
Figura 4.6 Botones de Encendido Mezcladora y Elevador 1	126
Figura 4.7 Botón de encendido del Elevador 2	126
Figura 5.1 Antigua Planta de Alimentos Balanceados de Avícola Santa Lucia	131

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Actividades del proceso de Fabricación de Alimento Balanceado	40
Tabla 2.2 Demanda de Avícola Santa Lucia	42
Tabla 2.3 Capacidad de las Tolvas y Silos de Almacenamiento	45
Tabla 2.4 Transportadores de Dosificación	53
Tabla 2.5 Tabla de potencias de motores.	60
Tabla 3.1 Distribución de canales módulo DI 301	87
Tabla 3.2 Asignación de Canales del Módulo DO-401	89
Tabla 3.3 Asignación de Canales del Módulo RLY-420	90
Tabla 5.1 Costos de Implementación de la Planta	128
Tabla 5.2 Gastos Operacionales de la Antigua Planta de Producción	129
Tabla 5.3 Gastos Operacionales de la Nueva Planta de Producción	129

RESUMEN

En la producción avícola más del 90% de los costos dependen del alimento balanceado. Es decir si, se cuenta con alimentos balanceados de calidad se producirán huevos de calidad, está es una de las razones por las que avícola Santa Lucia monta su propia planta de producción. En la ejecución del proyecto se hizo una selección de equipos necesarios para tener una producción de 8000 TM de alimento al año de acuerdo a la proyección de aves que tendrá la empresa para el año 2017.

La maquinaria seleccionada para este proyecto es: un molino de martillos, mezcladora horizontal, dos elevadores de cangilones, transportadores de tornillo y tolvas de almacenamiento, las mismas que fueron acopladas para formar un poderoso y fiable equipo de producción.

El sistema tiene dos posibilidades de funcionamiento ya sea de forma manual o automático a través de un sistema HMI, el mismo que se implementó en LabView a través de su sistema de adquisición de Datos FieldPoint.

Hay que destacar las bondades del sistema de fabricación que dieron resultados interesantes y muy positivos se superó las 6 TM/h de producción, el ahorro en costos operacionales para la empresa supera el 400% por lo que la recuperación de la inversión será en un tiempo menor a dos años.

Si la proyección de la empresa mejora y se incrementa el número de aves la recuperación podría llegar a ser incluso inmediata.

Se recomienda a Avícola Santa Lucia producir Alimentos Balanceados para la venta al público.

Las nuevas alternativas energéticas que afectan la industria del alimento balanceado han hecho que la planta tenga un sobre dimensionamiento en módulos FieldPoint ya que si las perspectivas internacionales del precio del maíz duro no mejoran se empezará en la búsqueda de productos sustitutos los cuales deben acoplarse al proceso de fabricación.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del Problema.

La preparación de alimentos balanceados es sin duda un aspecto de gran importancia dentro de la empresa pecuaria por dos razones principales:

- Contar con un alimento formulado específicamente de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los animales producidos en la granja, es de vital importancia para un mejor aprovechamiento de los recursos y lograr mantener parámetros productivos adecuados.
- El beneficio económico es para la empresa, esto debido a que los gastos por concepto de alimentación a largo plazo son menores en alimentos preparados dentro de la granja en comparación con alimentos comerciales.

Sin embargo, la inversión inicial para montar una fábrica de alimentos puede llegar a ser una limitante para la mayoría de los pequeños y medianos productores, por lo que se ven obligados a comprar productos comerciales o alimentos balanceados a empresas mayores.

Afortunadamente, en la actualidad existe una gran variedad de maquinaria disponible con diversas capacidades y precios, que pueden adaptarse a las condiciones específicas de cada empresa de acuerdo a sus necesidades particulares.

La calidad del alimento depende de tres factores: el contenido nutricional formulado, la calidad de los ingredientes, y la tecnología o control de proceso empleado en la fabricación.

La variación en la calidad de un alimento está relacionada principalmente con variaciones en la calidad de los ingredientes, y en menor grado con variaciones en los parámetros de producción.

Sin embargo, el tipo de proceso y parámetros de producción utilizados determinan las características físicas del alimento, como forma, tamaño; y tienen influencia algunas características químicas como atractabilidad, palatabilidad y disponibilidad de ingredientes. También, el procesar un alimento adecuadamente contribuye a bajar los costos de producción del mismo, por menor desgaste de piezas y más eficiente uso de la energía eléctrica por parte de la maquinaria utilizada en la fabricación.

El proyecto denominado “Montaje de una planta de alimentos balanceados para Avícola Santa Lucia utilizando un sistema HMI” será destinado para satisfacer las necesidades del Plantel Avícola “Santa Lucia” la cual por los motivos expuestos ha decidido montar su propia fábrica de alimento balanceado.

1.2 El alimento Balanceado en el Ecuador

1.2.1 Características Generales

Los alimentos balanceados son fabricados para animales de tal manera que cumplan con los requerimientos nutricionales que éstos necesitan.

El contar con un alimento de calidad que cumpla con las expectativas del nutricionista y las exigencias del productor es de vital importancia para el éxito de una operación de producción avícola, ya que el costo del alimento puede llegar a ser el 70% del costo de producción.

La materia prima utilizada en la fabricación de la fórmula de la dieta alimenticia es transformada en alimento; es así que se constituye en el factor más importante dentro de la industria de la cría de animales (más del 70% de los costos de producción están ligados a la alimentación).

1.2.2 Historia en el Ecuador

La industria de balanceados en el Ecuador tuvo su despegue en el año 60 orientada a satisfacer las necesidades del sector avícola y porcino.

El producto más importante dentro de los alimentos balanceados en el Ecuador históricamente es el destinado al sector avícola, aunque existen otros con una importante participación en el mercado nacional como el alimento balanceado para cerdos, vacas, tilapia, trucha, salmón, además de la elaboración para otros tipos de animales.

Existen en el país 107 plantas de balanceados, de las cuales 15 tienen tecnología adecuada y 4 de éstas con tecnología de punta.

Dentro de los principales proveedores se encuentran: Pronaca, AFABA, Unicol, Grupo Anhazel y Champion. De éstos, AFABA y Pronaca cubren el 85% de la producción nacional.

Pronaca es la fábrica de mayor producción de alimento balanceado, pero no se la tiene en consideración porque su mayor producción es de auto consumo. Pronaca es la compañía avícola mas grande del país con lo cual, igual que otras reducen sus costos aproximadamente en un 30% gracias a la fabricación de su propio alimento balanceado.

La producción de alimentos balanceados esta dirigida a satisfacer la demanda de los siguientes sectores: avícola, camaronero, bovino, el de cerdos, el de peces y otros.

En la Figura 1.1 se presenta el grafico de la producción de alimento balanceado por tipo de animal para el año 2007¹

¹ http://www.ecuadorexporta.org/productos_down/perfil_producto_alimentos_balanceados540.pdf

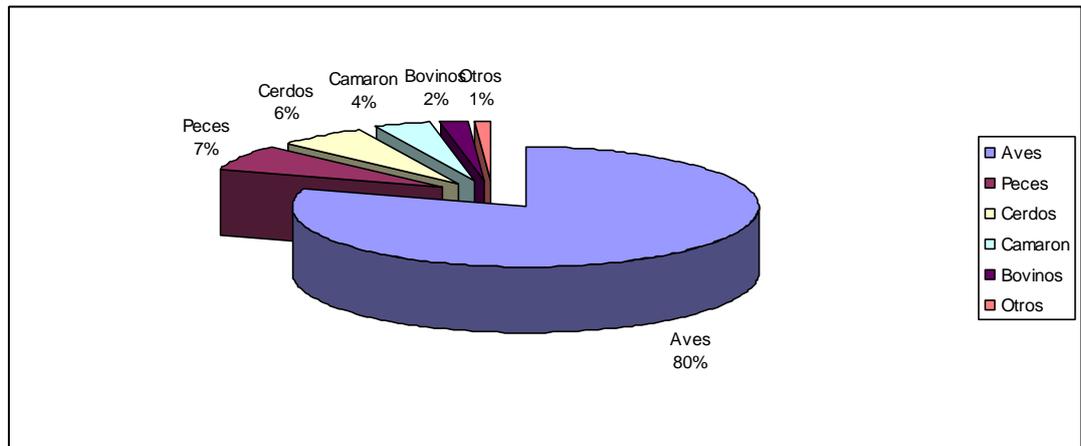


Figura 1.1 Destino de la producción de alimento balanceado por tipo de animal 2007²

1.2.3 Precios³

Para el caso de estudio, solo se tomará en cuenta el precio del alimento balanceado de aves, aunque no hay un precio establecido por las variaciones de la formulación.

El análisis de la materia prima es indispensable para el estudio de la rentabilidad del producto en estudio, ya que ésta representa el 85% del costo del balanceado. Por lo tanto a continuación se representa un breve análisis de los principales ingredientes empleados en el Ecuador.

1.2.3.1 Maíz

El Maíz es el principal insumo para la elaboración de alimentos balanceados en el país, ya que todas las formulaciones para el sector avícola (80% del total de la producción nacional de alimentos balanceados), contienen como un mínimo del 60% de este producto. Además se utiliza en formulaciones de alimentos de otros animales,

² Fuente: Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador

³ http://www.ecuadorexporta.org/productos_down/perfil_producto_alimentos_balanceados540.pdf

como por ejemplo vacas o cerdos. El requerimiento anual de este producto asciende a 900 mil TM y se calcula una demanda mensual de 70.000 TM.

El maíz ecuatoriano es de muy buena calidad, ya que el clima y el suelo son adecuados para su producción; su limitación esta dada por el tiempo de producción, ya que en la temporada invernal de la costa ecuatoriana, se debe importar de mercados como el argentino y el americano.

En la actualidad este producto tiene gran demanda, especialmente en el mercado americano por las políticas norteamericanas de nuevas alternativas energéticas con lo que esta siendo destinado a la producción de etanol.

1.2.3.2 Soya

La torta de soya es otro de los insumos de mayor demanda para la fabricación de alimento balanceado, ya que la formulación de toda dieta para el sector avícola cuenta con un mínimo del 15% hasta un máximo del 20%. La cantidad de este insumo dependerá directamente del costo de la soya, que tiene incidencia en como formular al mínimo costo (idea básica de la industria de alimentos balanceados). Además de ser un insumo utilizado para la formulación de alimentos balanceados para otros tipos de animales. La demanda de torta de soya en el Ecuador es de aprox. 300000 TM al año, alrededor del 80 % de la demanda nacional es abastecida por las importaciones.

1.2.3.3 Harina de Pescado

La harina de pescado es un subproducto de la industria pesquera en la cual piezas enteras o trozos de pescado son aprovechados. Es la principal fuente de proteínas para los animales a alimentar, proporcionando altos niveles de proteína y un adecuado balance de aminoácidos. Existen 2 tipos de harinas de pescado en el país: la artesanal y la de pista o pampa. En general la calidad de la harina de pescado ecuatoriana no es muy buena por lo que los fabricantes de alimentos balanceados del Ecuador se ven en la necesidad de abastecerse de harina de pescado importada, a fin de brindar calidad en su producto a sus compradores.

1.3 Descripción del proceso de Fabricación de Alimentos Balanceados

1.3.1 Introducción

La fabricación de alimentos balanceados de calidad comienza con la selección de ingredientes de calidad. Un departamento de compras que garantice la calidad de los ingredientes garantizará el producto final, ya que si por razones económicas se compra ingredientes de poca calidad (nutricional); en otras palabras basura, solo se podrá producir basura. Las materias primas o ingredientes conforman el 90% de los costos de manufactura.

Esta es una de las razones por las cuales toda empresa fabricante esta en el deber de implementar un programa de compras de materias primas, con estándares o parámetros de medición de calidad. Con lo que se podrá asegurar la uniformidad de los ingredientes y las formulas finales que al mismo tiempo permitan controlar los procesos productivos.

1.3.2 Ingredientes comúnmente utilizados en la fabricación de Alimentos Balanceados

1.3.2.1 Ingredientes proteicos de origen animal

Este tipo de ingredientes solo contribuyen a la calidad de la proteína (perfil de aminoácidos) y no a las propiedades funcionales del producto que esta sometiendo al proceso. Esto se debe a que las proteínas de origen animal no se expanden o se combinan con otros ingredientes en la mezcla de la misma manera que las proteínas de origen vegetal. Algunos ingredientes de origen vegetal se listan a continuación:

- Harinas de Pescado
- Harinas de Hueso
- Harinas de Carne, etc.

1.3.2.2 Ingredientes proteicos de origen vegetal

- Harinas de Soya
- Harinas de Trigo
- Harinas de Algodón

- Harinas de otras Oleaginosas, etc.

Las proteínas vegetales contribuyen en gran medida al total de la proteína de la ración.

Las proteínas vegetales se caracterizan por:

- Su alta solubilidad en el agua
- Deficiencia de algunos aminoácidos (metionina y cisteína). En este caso las deficiencias de un ingrediente se pueden complementar con otras fuentes proteicas de origen vegetal o animal con diferente perfil de aminoácidos.
- El bajo costo de la proteína- relación volumen de proteína por unidad de costo.
- Buena fuente de proteína y energía cuando se utiliza en su estado natural como el caso de la soya en grano.

1.3.2.3 Ingredientes farináceos

Las harinas de cereales pueden conformar el 70% del total de la fórmula. Los productos de este tipo más utilizados en la fabricación de alimentos balanceados están: trigo entero, subproductos de maíz, subproductos de la industria molinera de trigo (harinillas de trigo bajas en gluten), afrechillo de trigo, germen de trigo, harina de arroz, sorgo, etc.

1.3.3 Proceso de manufactura de alimentos de calidad

1.3.3.1 Almacenamiento de Materia Prima⁴

La materia prima debe almacenarse en áreas secas, frescas, y bien ventiladas, preferentemente por debajo de los 30 °C. En zonas tropicales donde la temperatura es mayor debe ponerse mayor atención a la ventilación, especialmente de la parte superior de las bodegas. Para el almacenamiento de vitaminas y micro ingredientes en climas

⁴ www.educacion.uanl.mx/publicaciones/maricultura/acuicolaIII/pdfs/8.pdf

cálidos tropicales se recomienda la construcción de cuartos o bodegas con aire acondicionado de temperatura controlada.

A menos que se manejen grandes volúmenes de materia prima a granel y sea estrictamente necesario, se recomienda no almacenar materia prima al granel en bodegas (solo en silos), ya que este sistema dificulta la rotación y control de la materia prima, y le expone a mayores riesgos de contaminación y ataques por parte de aves y roedores.

La materia prima debe ser colocada en sacos sobre estibas de madera, evitando siempre el contacto directo de éstos con el piso, y a más de 50 cm de las paredes de las bodegas. Para el almacenamiento de materia prima de origen animal como harina de pescado se recomienda no hacer grandes pilas o arrumes de sacos.

Se recomienda revisar periódicamente y limpiar o desinfectar las paredes internas de los silos o tanques donde se almacena materia prima que ha pasado por un molino de martillos. Generalmente se produce calentamiento de la materia prima al pasar por esta maquinaria, y en las tardes o noches frías se produce condensación del vapor de agua sobre las paredes, contribuyendo a la formación de capas o costras de material seriamente contaminado por bacterias y hongos.

Es indispensable establecer un método de control de inventario sobre cada materia prima, que permita establecer los porcentajes y causas de la merma.

La grasa o aceite almacenado en el tanque debe mantenerse a la mínima temperatura posible para que permanezca en estado líquido o que permita su manipuleo. Debe evitarse el sobrecalentamiento y la introducción de humedad, así como sucesivos ciclos de calentamiento y enfriamiento.

1.3.3.2 Molienda⁵

Se define como la reducción por medios mecánicos del tamaño de las partículas de un ingrediente o mezcla de ingredientes que conforman una fórmula completa.

⁵ w3.dsi.uanl.mx/publicaciones/maricultura/vi/pdf/A25.pdf

La molienda es el paso más limitante en la fabricación de alimentos balanceados y representa el 50-60% de los costos de manufactura.

Al considerar la molienda también se debe tomar en cuenta su impacto en el mezclado ya que ésta afecta directamente la homogeneidad de la mezcla y del producto final.

Una buena molienda es absolutamente fundamental para la producción de un alimento para avicultura de buena calidad. Hasta ahora la forma más práctica y aceptable de controlar el tamaño de la molienda es mediante el uso de mallas o cribas con los orificios acorde con el tamaño que se quiere controlar. Cada fábrica debe crear su máximo estándar de tamaño promedio de la partícula basada en la especie y tamaño del animal que se va alimentar.

Para que un molino de martillos produzca una granulometría fina, los martillos deben girar con una velocidad periférica mayor a 5.5 m/min., debe ponerse especial cuidado en rotar martillos con esquinas gastadas, y la malla utilizada debe estar en buenas condiciones y tener los orificios con el tamaño adecuado y colocados alternadamente (no alineados).

1.3.3.3 Dosificación⁶

Toda la materia prima que compone un “batch” o tanda de alimento debe ser cuidadosamente pesada, de acuerdo con las especificaciones de la fórmula. Las balanzas utilizadas para el pesaje de ingredientes mayores y micro ingredientes deben tener la sensibilidad necesaria para pesar adecuadamente las cantidades especificadas en la fórmula. En el caso de los ingredientes mayores, especialmente en las instalaciones donde no se cuenta con básculas electrónicas, es aconsejable que se especifique en números redondos.

Además de contar con equipos adecuados para la dosificación de todos los ingredientes, es de vital importancia revisar la correcta calibración de los mismos, y mantener un record de mantenimiento de cada una de las básculas. De ser posible, debe

⁶ www.educacion.uanl.mx/publicaciones/maricultura/acuicolaIII/pdfs/8.pdf

comprobarse su calibración con pesos patrón una vez por semana, y una vez al mes deben limpiarse y revisarse exhaustivamente, de ser posible por personal especializado. Si bien es cierto que la composición proximal de una fórmula puede no variar mucho si una báscula de ingredientes mayores esta algo descalibrada, el perjuicio económico puede ser muy grande al utilizar mayores cantidades de algunos ingredientes.

1.3.3.4 Mezcla⁷

El mezclado es la operación en donde todos los ingredientes se incorporan con el objetivo principal de que la mezcla sea homogénea. Por lo tanto, es una de las operaciones más importantes en la fabricación de alimentos balanceados, pero con frecuencia no se le da la importancia que se merece. Si se toma en cuenta el gasto que se hace al adquirir ingredientes de calidad, almacenarlos y pesarlos, se debe entonces poner atención al proceso que se va a utilizar en poner todos estos elementos en una mezcla homogénea. Lo dicho anteriormente es el objetivo del mezclado “Crear una mezcla homogénea que cubra los requerimientos nutricionales de la especie en la fase de desarrollo específica para cual se creó la fórmula”. En otras palabras, cualquier porción que se tome de una mezcla debe ser de idéntico contenido nutricional a cualquier otra. La importancia de la mezcla homogénea se puede ilustrar de la siguiente manera: Una gallina de raza Lohman Brown consume aprox. 112 gramos de alimento al día. De acuerdo con esto entonces, si se ha mezclado correctamente la fórmula para este alimento de aves, una muestra de 112 gramos debe contener todos los nutrientes formulados para cubrir sus requerimientos nutricionales.

Independientemente del tipo de mezcladora que se use, el factor más importante a controlar es el que comúnmente se denomina coeficiente de variación de la mezcla (CV).

El CV no solamente representa la exactitud con que la unidad puede mezclar o el tiempo de mezcla necesario, sino también es una indicación del estado de funcionamiento de la mezcladora, y puede utilizarse para detectar problemas de

⁷ w3.dsi.uanl.mx/publicaciones/maricultura/vi/pdf/A25.pdf

segregación o desmezclado en el transporte del alimento después de la mezcladora. Cuando se realiza una prueba de mezclado, el CV deseado no debe ser mayor de 1,5 veces el coeficiente de variación del test o prueba analítica utilizada. En términos generales, se busca un CV inferior a 10%.

1.3.3.4.1 Métodos de Mezclado

Los métodos de mezclado son el mezclado por lotes o tandas y el mezclado continuo. Los métodos de mezclado continuo fueron los primeros utilizados y constituyeron el sistema estándar de mezclado durante muchos años.

En la actualidad, los métodos de mezclado por tandas representan un referente en la industria de los alimentos balanceados, como el resultado del incremento en los tipos de ingredientes y micro ingredientes utilizados, así como la mayor variedad de alimentos producidos.

El método continuo de mezclado agrega de manera simultánea todos los ingredientes a la mezcladora de acuerdo a raciones predeterminadas. Por su parte, el método de mezclado por tandas agrega una cantidad específica de cada ingrediente en base a una fórmula y procede a mezclarlos por lotes de determinado tamaño.

El mayor uso de los métodos de mezclado por tandas se debe a que presenta mayores ventajas como su adaptabilidad a niveles de producción pequeños, un racionamiento más preciso, y una mayor flexibilidad para realizar cambios de formulación.

1.4 Tipos de Maquinaria utilizada en la Fabricación

En cada uno de los pasos de la fabricación de alimentos balanceados intervienen equipos mecánicos, los cuales ayudan a transformar los ingredientes de la naturaleza en alimentos para animales.

1.4.1 Molinos

1.4.1.1 Molino de Martillos⁸

El molino de martillos es el más utilizado en plantas de alimentos pequeñas, ya que requieren de una baja inversión inicial, son fáciles de operar y no requieren de mucho mantenimiento.

Como su nombre lo indica, este tipo de molino utiliza martillos metálicos que giran a gran velocidad para fraccionar los ingredientes, el tamaño de la partícula final depende de la criba por la cual pasa el producto molido.

Existen diversos tipos de martillos que se utilizan de acuerdo al tipo de material que se desea moler. Las cribas también son de diferentes diámetros para así obtener partículas de tamaño distinto. Es importante tomar en cuenta la distancia entre el martillo y la criba, así, para obtener una molienda gruesa se recomienda que ésta sea de 7/16" a 1/2", y para molienda fina de 3/16" a 7/32". Los fabricantes han puesto una atención particular en el radio de abertura de la criba y los caballos de fuerza (HP) del molino; la superficie recomendada para granos es de 55 cm²/HP, ya que una insuficiente área de abertura resulta en la producción de calor y puede disminuir la capacidad en más del 50%. Sin embargo, este tipo de molinos tiene ciertas desventajas, tales como mayor consumo de energía, mayor producción de polvo y ruido y requieren de aspiración periódica ya que el vaciado no es completo.

En la Figura 1.2 se muestra un molino de Martillos de fabricación estadounidense.

⁸ <http://usuarios.lycos.es/larces/id55.htm>



Figura 1.2 Molino de Martillos

1.4.1.2 Molino de Rodillos⁹

En este tipo, la molienda se lleva a cabo al hacer pasar los ingredientes por uno o más pares de rodillos (generalmente de metal) montados horizontalmente; al pasar los ingredientes por los rodillos son triturados finamente.

La principal desventaja de este tipo de molino es su alto costo, sin embargo el rendimiento de energía eléctrica es mayor que el del molino de martillos, aunque requiere de mayor mantenimiento.

La calidad del producto molido es mayor, además produce menos ruido, polvo y no requiere de aspiración.

En la Figura 1.3 se muestra un Molino de Rodillos.

⁹ <http://usuarios.lycos.es/larces/id56.htm>



Figura 1.3 Molino de Rodillos

1.4.2 Equipo de Transporte de Ingredientes y Balanceado¹⁰

Para trasladar las materias primas desde el transporte hasta los silos y a su vez de éstos a otros sitios de la planta, existen diversos tipos de transportadores como:

- Transportadores Helicoidales
- Transportadores de Dragas
- Transportadores de Banda
- Transportadores Vibratorios
- Transportadores Neumáticos
- Elevadores de Cangilones

1.4.2.1 Transportadores Helicoidales

¹⁰ <http://usuarios.lycos.es/larces/id7.htm>

Este tipo de transportadores mueven los ingredientes a través de un conducto cerrado mediante el movimiento de un helicoide que se encuentra en el interior. Son recomendados para transportar grandes cantidades de producto, pero no cuentan con un vaciado total, por lo que cierta cantidad de ingrediente permanece dentro del conducto. No se recomienda transportar alimento terminado en forma de gránulos y migajas porque la fricción puede fraccionar el producto. Los transportadores helicoidales comunes se utilizan para transportar ingredientes en forma horizontal y hasta con 30° de inclinación, aunque existen algunos que permiten el transporte vertical. Por su forma helicoide se conocen también como transportadores de tornillo, sinfín o *bazooka*.

En la figura 1.4 se muestra un transportador de tipo helicoidal, en la primera parte de éste se observa el sinfín y en la segunda parte el transportador armado.



Figura 1.4 Transportador Helicoidal

1.4.2.2 Transportadores de Dragas

Los transportadores de dragas o de cadena, se dividen en dos tipos: de paletas o de barras. El funcionamiento de este tipo de transportadores es mediante una cadena de tracción que corre a lo largo del conducto, en la cadena se encuentran las paletas o barras que son las que mueven a los ingredientes. El diseño permite que el vaciado sea completo y la agitación y segregación del alimento es mínima, por lo que se puede utilizar para transportar grandes cantidades de producto evitando el fraccionamiento de éste. El movimiento de estos transportadores es horizontal y acepta hasta 45° de inclinación.

En la Figura 1.5 se muestra las dragas que componen este equipo, así como el transportador completo.

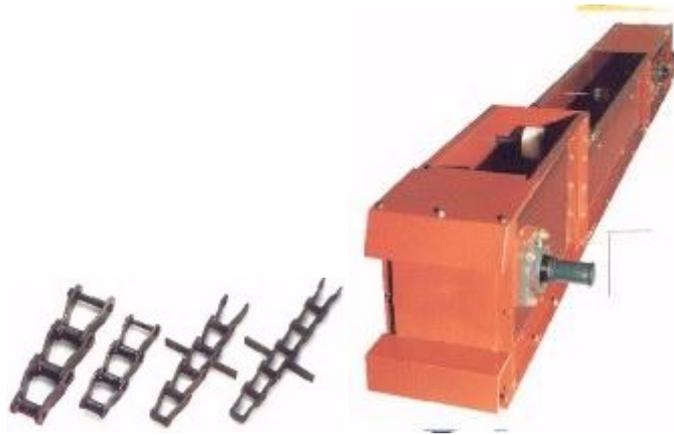


Figura 1.5 Transportador de Dragas

1.4.2.3 Transportadores de Banda

Estos transportadores funcionan mediante una banda sobre la cual se transporta el producto. Sirven para transportar materiales en forma horizontal o ligeramente inclinado. El vaciado es completo y se utilizan para transportar materias primas a grandes distancias (de 30 a 150m) a relativamente bajo costo. La banda puede ser metálica o cubierta con algún material antiderrapante para evitar que el producto se caiga.

En la Figura 1.6 se muestra el transportador de banda, que generalmente se utiliza para transportar productos ensacados.



Figura 1.6 Transportador de Banda

1.4.2.4 Transportadores Vibratorios

Este tipo de transportadores están formados por una base sólida, la cual mediante movimientos vibratorios transporta los ingredientes. Usualmente se utilizan para transportar pellets o producto terminado. Se utiliza en forma horizontal y es de fácil limpieza.

En la Figura 1.7 se muestra un transportador vibratorio, el mismo que no se puede utilizar en el transporte de harinas o polvos por el excesiva cantidad de partículas que se suspenden en el aire por las vibraciones.

1.4.2.5 Transportadores Neumáticos

El principio de estos transportadores es utilizar aire para mover los ingredientes por medio de succión, presión o una combinación de ambos, el material transportado es aspirado por un extremo del transportador y arrojado por el otro. Es común el uso de estos transportadores para descargar materias primas de contenedores o vehículos.



Figura 1.7 Transportador Vibratorio

1.4.2.6 Elevador de Cangilones

Este transportador es el medio más eficiente para subir ingredientes en forma vertical. Consta de una banda transportadora en la que se encuentran los cangilones, la cual se mueve gracias a una polea. Los ingredientes suben dentro de los cangilones y en la parte superior del elevador se descargan de manera gravitacional o centrífuga. Se pueden transportar en ellos materias primas y productos terminados casi de cualquier tipo, excepto materiales pegajosos o de gran compactación que dificulten su vaciado.

Estos Elevadores son fabricados en dos versiones: por cinta, siendo más indicado para productos secos a bajas temperaturas; y los de cadena, que son utilizados para materiales extremadamente abrasivos altas temperaturas y gran peso específico o materiales susceptibles a ruptura. En la Figura 1.8 se muestra un elevador de cangilones de cinta.



Figura 1.8 Elevador de Cangilones

1.4.3 Equipos de Mezclado¹¹

Hay una gran cantidad de mezcladoras disponibles en el mercado, cada una de ellas con características y capacidades específicas, sin embargo, las mezcladoras se clasifican generalmente en tres tipos:

- Mezcladoras Verticales
- Mezcladoras Horizontales
- Mezcladoras de Flujo Continuo

1.4.3.1 Mezcladora Vertical

Consta de uno o dos helicoides verticales, los cuales elevan los ingredientes y éstos se mezclan por entrecruzamiento al caer. La descarga generalmente es lateral, lo cual no permite un vaciado completo y requiere de ser limpiada frecuentemente, aunque existen modelos con descarga inferior.

La mezcladora vertical es la más utilizada en plantas de alimentos pequeñas y granjas donde producen su propio alimento; ya que la inversión inicial es baja, no requieren de mucho mantenimiento y permite mezclar pequeñas cantidades de producto, sin embargo el tiempo de mezclado es alto (15-20 minutos) y la adición de líquidos (tales como melaza, aceite y premezclas) es limitado, generalmente aceptan del 5 al 8% de líquidos como máximo y la eficiencia es baja.

En la figura 1.9 se muestra una mezcladora vertical, cuya capacidad esta en una Tonelada Métrica.

¹¹ <http://usuarios.lycos.es/larces/id9.htm>



Figura 1.9 Mezcladora Vertical

1.4.3.2 Mezcladora Horizontal

Este tipo de mezcladora es sin duda la más utilizada en la plantas de alimentos, ha desplazado enormemente a la mezcladora vertical por su alta eficiencia, consta de una o dos cintas que llevan el producto de un extremo a otro mezclándolo uniformemente. Algunas mezcladoras están equipadas con paletas en lugar de cintas.

La descarga generalmente es inferior, por lo que el tiempo de descarga es muy corto y el vaciado es completo, además, requieren de menor tiempo de mezclado (3-5 min) que las de tipo vertical y aceptan del 10 al 15% de líquidos.

Las desventajas de este tipo de mezcladoras es su alto costo, requieren de mayor mantenimiento y espacio, y no se pueden mezclar pequeñas cantidades de producto.

En la Figura 1.10 se muestra la cinta y la mezcladora horizontal completa.

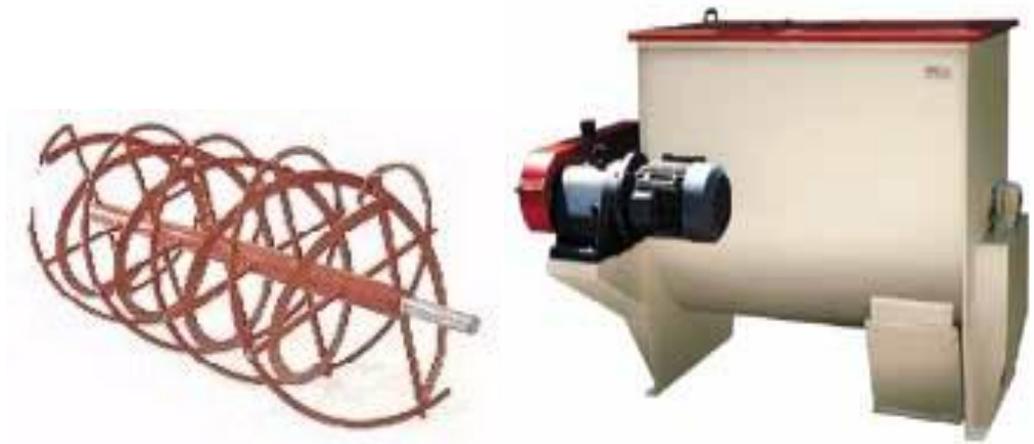


Figura 1.10 Mezcladora Horizontal

1.4.3.3 Mezcladora de Flujo Continuo

Las mezcladoras de flujo continuo están diseñadas, como su nombre lo indica, para mezclar continuamente su contenido, constan de una o dos flechas con paletas integradas que incorporan los ingredientes y los transportan hacia la salida con movimientos rápidos.

La principal ventaja de estas mezcladoras es que aceptan una gran cantidad de líquidos (hasta el 45%); sin embargo no se recomienda adicionar más del 25% a un alimento, de lo contrario la consistencia del producto final no será adecuada.

Generalmente se utilizan para acondicionar el alimento que va a ser peletizado, agregando melaza, haciendo las funciones de una enmelzadora.

En la Figura 1.11 se muestra una mezcladora de flujo continuo.



Figura 1.11 Mezcladora de Flujo Continuo

1.5 Sensores y Actuadores utilizados en plantas de alimentos balanceados

1.5.1 Sensores

Los sensores son los dispositivos que están en contacto con la variable a ser controlada, se puede decir que los sensores son los ojos del sistema de control, que le permiten ver qué está pasando en el proceso a controlar.

En plantas de alimentos balanceados se utilizan sensores para cada paso del proceso de fabricación de acuerdo al requerimiento del sistema y de los equipos.

1.5.1.1 Sensores en el Almacenamiento

En la planta a montar se utilizarán sensores en el almacenamiento de la materia prima, cuyo objetivo será determinar el nivel de producto en cada tolva o silo.

El problema de definir el nivel se da principalmente por no existir una superficie de almacenamiento horizontal. En algunos casos es distinto el sensor para carga de silos, que el de descarga.

Algunos de los usados son:

- Palpador
- Paletas rotativas
- Vibratorio
- Membrana sensitiva
- Capacitivos

i) **Palpador.** Es un medidor de nivel de sólidos del tipo análogo. Consta de un cable de medición o cinta de acero con un peso en su extremo, movido por un motor que al chocar el peso con la superficie del material se anula la rigidez del cable, lo que conmuta la dirección del giro del motor ascendiendo el peso, durante el descenso se mide el cable desenrollado lo que indica el nivel, el peso debe tener

sección suficiente para que no se hunda en el material, este tipo de sensor se usa en materiales sólidos con granulometría hasta 3mm.

- ii) **Paletas rotativas.** En este tipo de sensor de sólidos tiene un motor que hace girar unas paletas a través de un resorte, al entrar en contacto el material con las paletas, éstas se paran, pero el motor continua girando hasta que el muelle asociado al motor se expande al máximo y toca un final de carrera que da un contacto eléctrico; cuando el nivel disminuye el resorte recupera su posición, el motor arranca y el contacto cambia de posición; su principal función es detectar nivel de sólidos granulados.

En la Figura 1.11 se muestra un sensor de paletas rotativas.



Figura 1.11 Sensor de Paletas Rotativas

- iii) **Vibratorio.** Se compone de una sonda en forma de diapasón que vibra a unos 80 Hz impulsado piezoeléctricamente, cuando el material cubre el diapasón las vibraciones se amortiguan lo cual produce una señal que activa el relé, la instalación de este tipo de equipo puede ser lateral, pero también se pueden encontrar sondas verticales.

En la Figura 1.12 se muestra un sensor de nivel de sólidos de tipo Vibratorio.



Figura 1.12 Sensor Vibratorio

iv) Membrana Sensitiva. Este detector consta de una membrana acoplada a la pared del recipiente en el punto en el cual se requiere detectar el nivel, cuando el material llega a la altura del interruptor presiona la membrana y actúa un conmutador. Se usa en sólidos de granulometría media y pequeña.

En la Figura 1.12 se muestra un sensor de membrana sensitiva.



Figura 1.13 Membrana Sensitiva

v) Controladores de nivel capacitivos para sólidos. El controlador capacitivo se utiliza para el control de nivel de productos secos en forma de polvo o granulares: cereales, piensos, harinas, cementos, arena, etc.

En la Figura 1.1.3 se muestra algunos tipos de sensores capacitivos para sólidos.



Figura 1.14 Sensor Capacitivo

1.5.1.2 Sensores en la Dosificación

Como ya se indicó la fórmula alimenticia viene dada en unidades de peso, por lo cual resulta necesario contar con un sistema de dosificación para determinar la cantidad de cada producto que interviene en la fórmula alimenticia.

Para medir la magnitud del peso se usan por lo general balanzas de varios tipos, estas pueden ser mecánicas o electrónicas, siendo las últimas las más versátiles por su exactitud y mínimo mantenimiento.

Las balanzas electrónicas reciben la información de sensores de fuerza que pueden ser sensores piezoeléctricos, galgas extensiométricas, inclusive se puede usar sensores de presión, entre otros.

1.5.1.2.1 Celdas de Carga

Son bloques de metal (aluminio o acero) de muy buena calidad al que se le practica incisiones, perforaciones o cortes en sitios específicos para debilitar un punto determinado de su estructura, al añadir galgas extensiométricas que son insertadas en puntos estratégicos del bloque; entonces, al aplicar una fuerza, se deforma de una manera conocida. Esta deformación se calcula por métodos como el de elementos finitos y se usa como teoría para el cálculo de la “elasticidad lineal”. A esta estructura combinada con galgas extensiométricas se le denomina "celda de carga".

Entonces la celda al sufrir una deformación física o geométrica las galgas también lo hacen, transmitiendo una señal proporcional a la deformación, cabe indicar que las galgas van configuradas en un puente de **Wheatstone**.

Además es importante conocer que las celdas están diseñadas para una capacidad determinada, ya que al sobrepasar el límite máximo recomendado por el fabricante, la deformación será permanente. Es decir, el material pasa de la zona elástica a la plástica y quedará deformado, y la celda no regresará a sus condiciones iniciales.

En la Figura 1.15 se muestra una Celda de Carga de barra



Figura 1.15 Celda de Carga

1.5.2 Actuadores¹²

Una vez ubicados los sensores para informar el estado de un proceso, se debe determinar la forma de actuar sobre el sistema, para ir del estado actual al estado deseado.

Un problema de control industrial típicamente involucrará varios actuadores distintos (ejemplo: pistones, motores, bombas, ventiladores, etc.).

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gases. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da la salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos

¹² <http://www.monografias.com/trabajos15/actuadores/actuadores.shtml>

- Eléctricos

1.5.2.1 Actuadores hidráulicos

Los actuadores hidráulicos, que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión. Existen tres grandes grupos:

- cilindro hidráulico
- motor hidráulico
- motor hidráulico de oscilación

Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico.

1.5.2.2 Actuadores Neumáticos

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que éstos tienen poca viscosidad.

En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

1.5.2.3 Actuadores Eléctricos

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

1.6 Control y Monitoreo de proceso (Sistema HMI)

1.6.1 Introducción

En cualquier sistema automatizado es necesario disponer de algún dispositivo que permita al usuario interactuar con el mismo para configurarlo, ponerlo en marcha, pararlo, etc. A este tipo de sistemas generalmente se los conoce con el nombre genérico de HMI.

1.6.2 Definición de HMI

A los dispositivos que permiten llevar a cabo la supervisión de un sistema automatizado se conoce como HMI, sistemas llamados también “ventana” que pueden estar en dispositivos especiales como paneles de operador, como en una computadora. Los sistemas en computadoras, se los conoce como software HMI o de monitoreo y control de supervisión.

Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's, RTU o unidades remotas de I/O, o DRIVER's (como variadores de velocidad de motores).

Los dispositivos HMI permiten dos acciones fundamentalmente:

- Por un lado representan la evolución de los distintos componentes del proceso: si se activan, si se desactivan, si están llenos o vacíos, abiertos o cerrados, etc.
- Por otro lado, brindan al usuario algunos mecanismos que le permita dar consignas de evolución al proceso, generalmente por medio de pulsadores. Estos al ser accionados por el usuario, indicaran al sistema automatizado que debe llevar a cabo una acción determinada: abrir o cerrar, conectar o desconectar, subir o bajar, fijar un horario, etc.

En la Figura 1.15 se presenta un sistema HMI, el cual adquiere datos a través de una interface de comunicación, de los acondicionadores de señal a los cuales están conectados los sensores.

1.6.3 Tipos de HMI

- **Desarrollados a medida.**- Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- **Paquetes industriales HMI.**- Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA, como pueden ser: FIX, WinCC, Wonderware, etc.

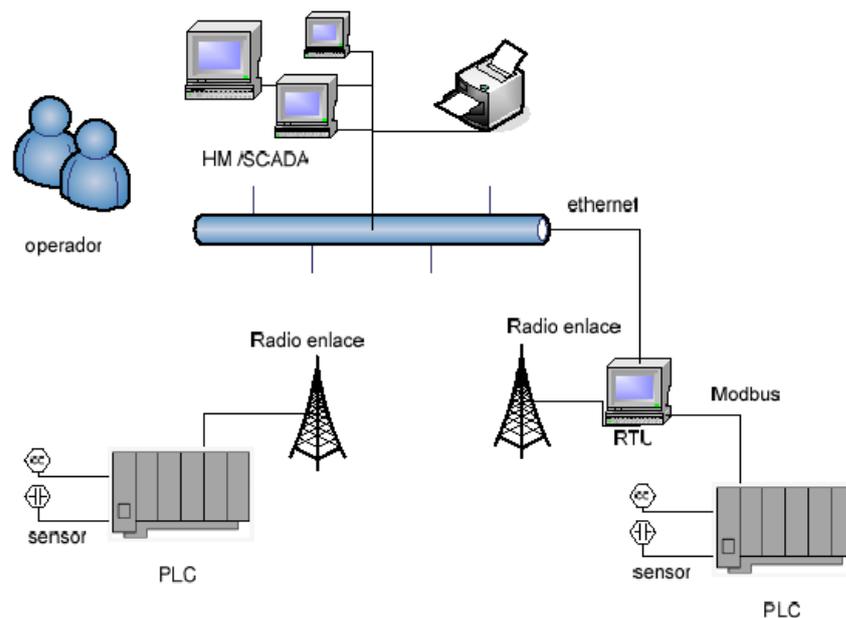


Figura 1.15 Diagrama de Sistema HMI

1.6.4 Funciones de un Software HMI¹³

- **Monitoreo.**- Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta real. Estos pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

¹³ <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

- **Supervisión.**- Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- **Alarmas.**- Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Estas alarmas están basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control.**- Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener éstos valores dentro de ciertos límites.
- **Históricos.**- Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos datos del proceso a una determinada frecuencia. Estos datos se pueden utilizar para optimización y corrección de procesos.

1.6.5 Niveles de Automatización:¹⁴

En la Figura 1.16 se ilustran los niveles de automatización de un sistema Sistema Scada.

El sistema HMI solo abarca los tres primeros niveles y que componen la red industrial los nivel 3 y 4 son los de la red corporativa y de gerencia.

- **Nivel de campo (Máquina/Proceso).**- Es el conjunto de máquinas que conforman el proceso, en este nivel se encuentran sensores/actuadores. A este nivel también se lo conoce como nivel de campo y es el nivel más bajo de la estructura jerárquica de los niveles de automatización.

¹⁴ <http://isa.umh.es/assignaturas/ci/Tema%201.pdf>

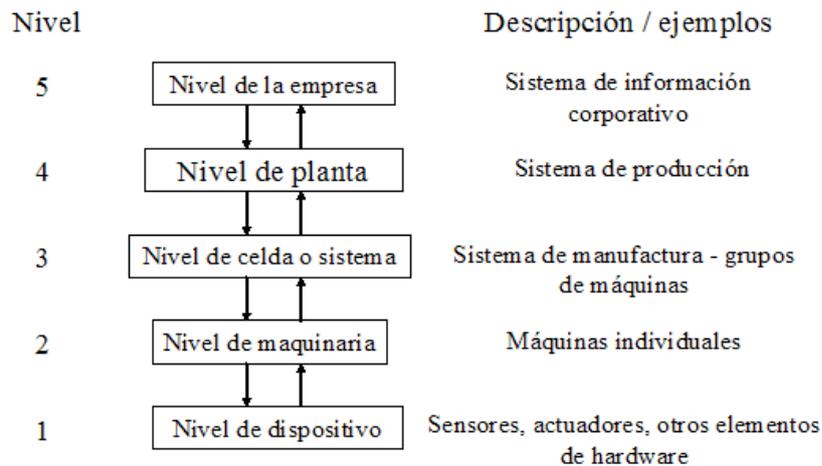


Figura 1.16 Niveles de Automatización

- **Nivel de estación (Controladores).**- Se encuentran PLC's, microcontroladores, elementos de mando y/o control de los dispositivos del nivel 1.
- **Nivel Célula (Supervisión).**- Se realiza la adquisición y monitoreo de datos, todo en cuanto al monitoreo y control que permita realizar un mantenimiento preventivo y correctivo, así como también control de calidad en este nivel se realiza un seguimiento de la producción (órdenes de trabajo)
- **Nivel de Planificación (Producción).**- En este nivel se realizan algunas tareas como:
 - o Programación de la producción
 - o Gestión de Compras
 - o Análisis de Costos de Fabricación
 - o Control de Inventarios
 - o Gestión de Recursos de fabricación dispositivos del nivel 1 y 0
 - o Gestión de Calidad
 - o Gestión de Mantenimiento
- **Nivel de Factoría.**- En este nivel se encuentra la gerencia administrativa y los departamentos como:
 - o Comercial y Marketing

- Planificación Financiera
- Planificación Estratégica
- Gestión de Recursos Humanos
- Ingeniería del producto el cual realiza un analisis de la presentación y el control de calidad
- Ingeniería del Proceso
- Gestión de Sistemas de Información

Además este nivel coordina con el nivel 3 información consolidada sobre:

Entrega:

- Pedidos en firme
- Previsiones en ventas
- Información de ingeniería del producto y proceso

Recibe:

- Cumplimiento de Programas
- Costos de Fabricación
- Costos de Operación
- Cambios de Ingeniería

1.6.6 Dispositivos HMI

Existe una gran variedad de medios y dispositivos que permiten implementar un HMI, tal como se indica a continuación.

Paneles de Operador. Pueden ser gráficos o de texto, monocromo o a color, de membrana o táctiles. Se caracterizan por tener una pantalla que permite representar la situación en la que se encuentran los componentes del proceso. Para la interacción con el usuario suelen presentar algún tipo de botón o pulsador real o representado gráficamente que al ser accionado envía una orden al equipo de control.

Teléfono. Recientemente y sobre todo en el ámbito de la automatización de viviendas y edificios, es muy común la posibilidad de emplear el teléfono, y sobre todo el móvil, como

elemento HMI para recibir información sobre el estado de la vivienda y para controlar los dispositivos de la misma.

Aplicaciones Software. En algunas ocasiones y dependiendo de las peculiaridades del proceso que se pretende supervisar, puede ser necesario desarrollar una aplicación de software que permita implementar la parte HMI. Serán aplicaciones con un marcado carácter gráfico y diseñadas a medida de las necesidades del usuario. Cuando esas necesidades no son muy distintas a las necesidades medidas de la mayoría de usuarios, se suele recurrir a aplicaciones SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos). Estas aplicaciones pueden ser configuradas para permitir al usuario sacar el máximo beneficio de la instalación automatizada.

Internet. Por último una posibilidad que cada día tiene más aceptación, es el empleo de Internet como medio para implementar HMI. Para ello es necesario un módulo servidor Web que publique la página Web a la que el usuario accederá con un navegador estándar. La ventaja fundamental es la ubicación del cliente, al poder llevar a cabo la supervisión del sistema desde cualquier equipo con conexión a Internet mediante cualquier navegador.

1.6.7 Algunos Software Industriales para HMI

Lookout¹⁵

Lookout de National Instruments es una interfaz humano-máquina (HMI), es fácil de usar, y constituye un sistema de software de control y de adquisición de datos para aplicaciones exigentes de manufactura y de control de procesos. Con Lookout, desarrollar una aplicación HMI/SCADA toma menos tiempo, obteniendo en general considerables ahorros.

Lookout es un software que permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos. El desarrollo de su interface hombre-máquina toma

¹⁵ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/12511>

menos tiempo permitiendo ahorrar sustancialmente en el costo total de un proyecto. Estas son algunas de las características que lo hacen especial:

- Lookout elimina completamente la programación, scripts o compilación separada.
- Solamente tiene que configurar y conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control.
- La arquitectura basada en objetos le permite más fácilmente desarrollar y mantener sus aplicaciones, reduciendo aún más el costo total de su proyecto.

En la Figura 1.17 se muestra un sistema HMI implementado en Lookout

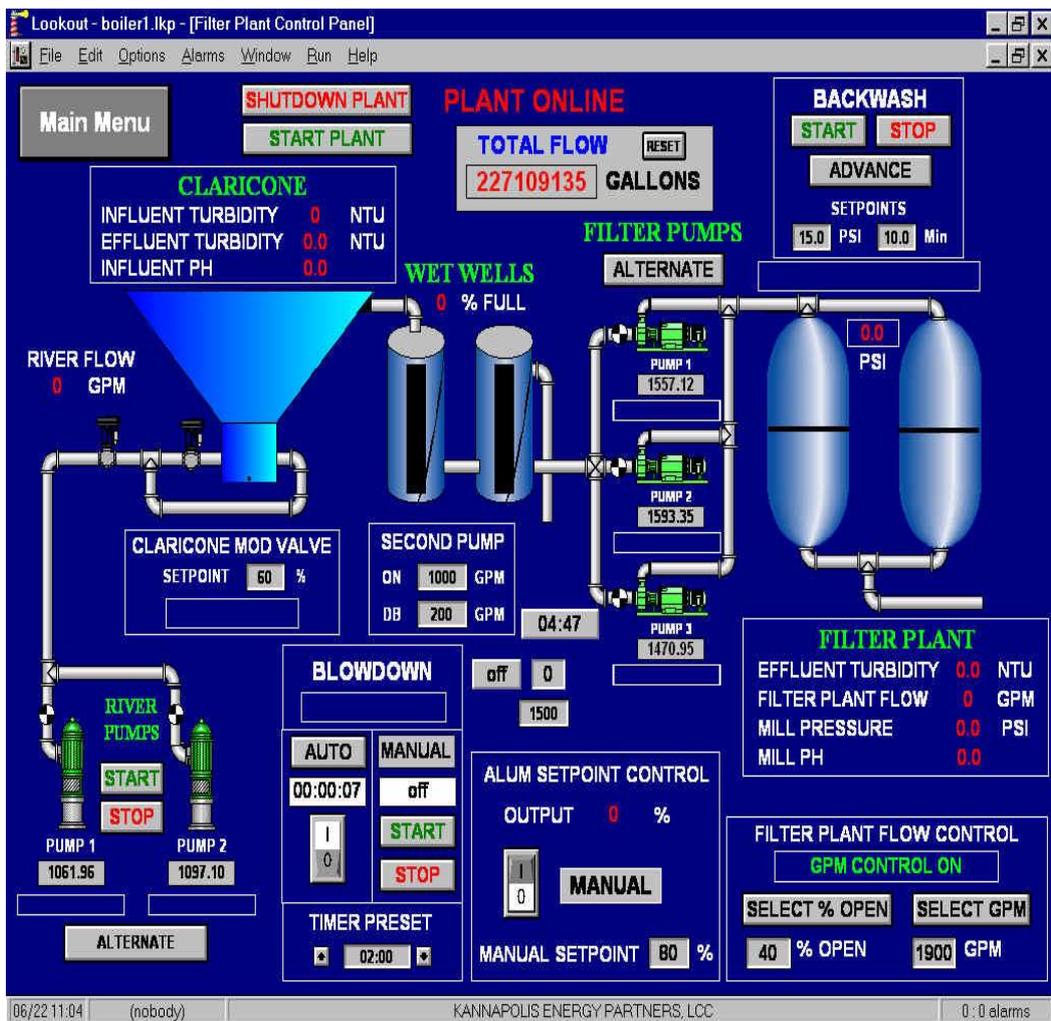


Figura 1.17 Sistema HMI implementado en Lookout

InTouch HMI ¹⁶

Para monitorización y control de procesos industriales ofrece una sobresaliente facilidad de uso, creación y configuración de gráficos. Permite a los usuarios la creación y puesta en marcha de aplicaciones para la captura de información a tiempo real mediante potentes asistentes y sus nuevos smartsymbols. Las aplicaciones creadas con InTouch son lo suficientemente flexibles para cubrir las necesidades y permitir su ampliación para el acondicionamiento a futuros requerimientos, manteniendo todos los esfuerzos e inversiones realizadas en las primeras fases de desarrollo. Están preparadas para el acceso desde dispositivos móviles, Estaciones de Red o a través de Internet. Además, el concepto abierto y ampliable de InTouch ofrece una conectividad igual al más amplio conjunto de dispositivos de automatización industriales.

En la Figura 1.17 se muestra una pantalla de un sistema implementado en intouch donde se observa la variedad de librerías que presenta.

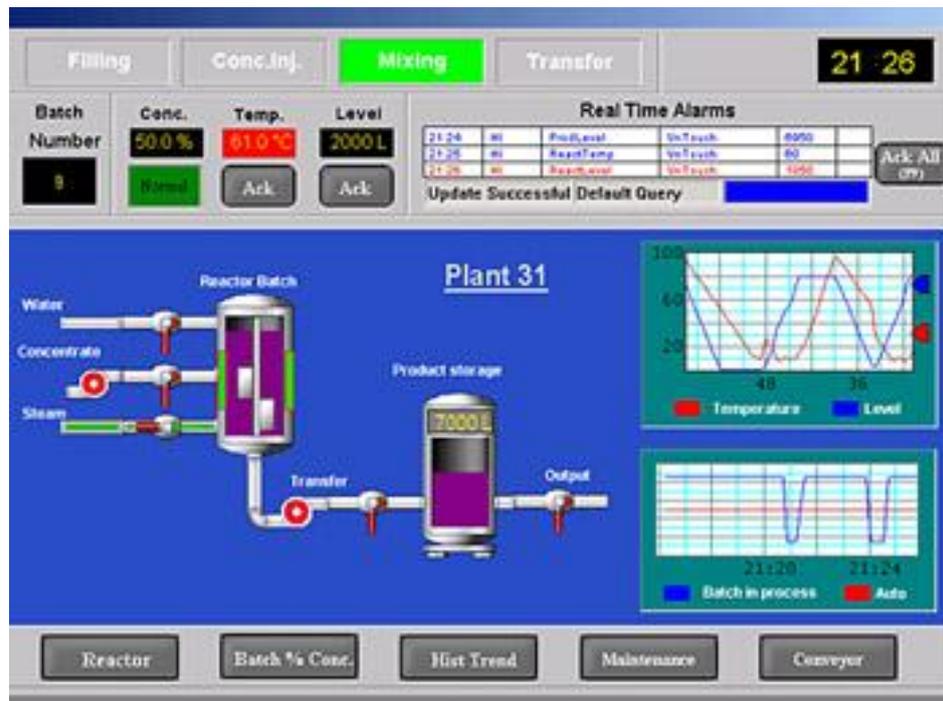


Figura 1.17 Pantalla de un sistema implementado en InTouch

¹⁶ <http://la.wonderware.com/productos/intouch/>

SIMATIC WinCC¹⁷

WinCC está concebido para la visualización y manejo de procesos, líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. El volumen de funciones de este moderno sistema incluye, emisión de avisos de eventos en una forma adecuada para la aplicación industrial, el archivo de valores de medida y recetas, y el listado de los mismos.

Con su potente acoplamiento al proceso, especialmente con SIMATIC, y su seguro archivo de datos, WinCC hace posible unas soluciones de alto nivel para la técnica de conducción de procesos.

En la Figura 1.18 se muestra una aplicación de Wincc en la industria.



¹⁷ http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc-flexible_es.pdf

Figura 1.18 Pantalla de Wincc

Software ioProject¹⁸

El software ioProject de Opto 22 con un excelente precio, brinda un control óptimo en funciones, interface hombre máquina (HMI) y servidor de OPC para obtener el máximo provecho del hardware de Opto 22.

Para el funcionamiento del io Display es necesario tener el io Control, ya que el primero se encarga de la comunicación grafica con el usuario, mientras el segundo solo del algoritmo de control.

En la Figura 1.19 se muestra la presentación del io Display

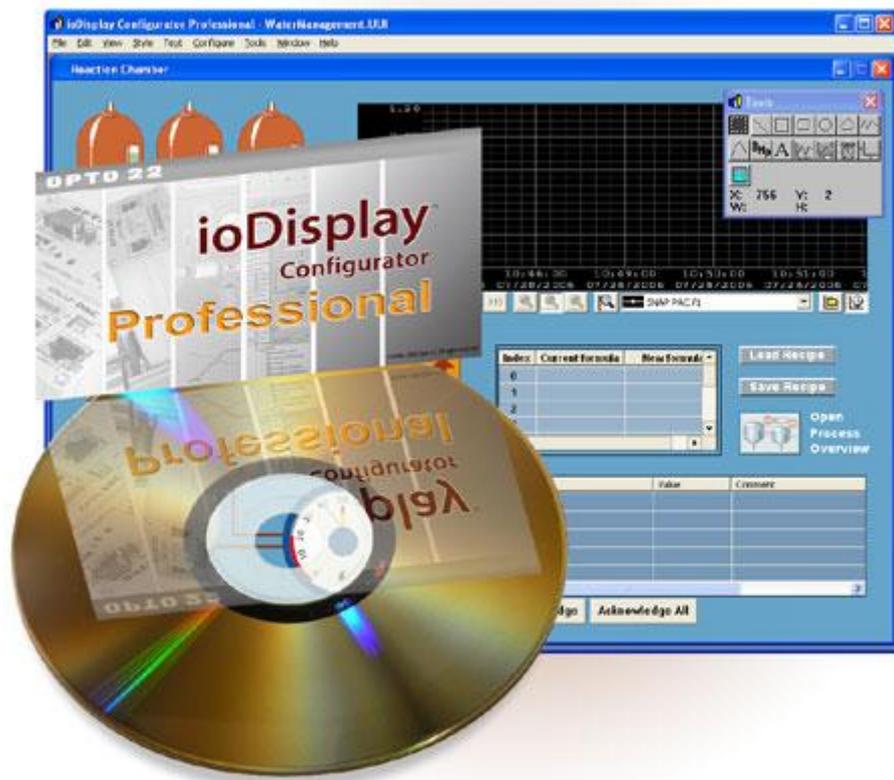


Figura 1.19 Pantalla de Presentación io Display

¹⁸ www.opto22.com

CAPITULO II

ANÁLISIS, SELECCIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS

2.1 Determinación del diagrama del proceso

2.1.1 Introducción¹⁹

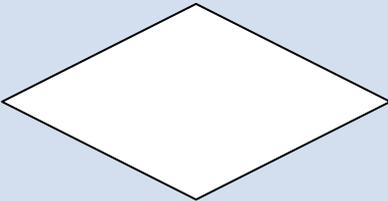
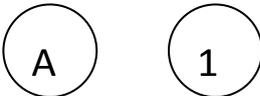
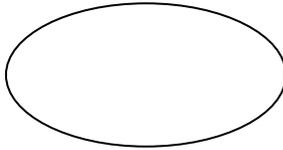
Un diagrama ayuda a comprender el trabajo como un proceso y a identificar en que parte del proceso esta el problema. Es muy importante tomar en cuenta que en cada paso del proceso de manufactura crea relaciones o dependencias entre unos y otros para lograr el producto final.

Cada paso del proceso depende de uno o varios proveedores de materiales, servicios, y en algunos casos de información y recursos, los cuales deben ser: confiables, libres de defectos, oportunos y completos.

¹⁹ http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/diagrama_de_flujo.pdf

Por otro lado, los receptores del o de los productos del proceso, deben tener bien en claro los requerimientos y dar a conocer cuando no están recibiendo lo esperado.

Para realizar un diagrama de procesos se utilizan símbolos para mostrar el flujo de las acciones y decisiones involucradas en el proceso de principio a fin. La simbología se muestra en la Figura 2.1.

Descripción	Figura
<p>Diamante.</p> <p>Muestra los momentos dentro del proceso en los que una pregunta se hace (si/no) o una decisión es requerida; y, determinara el flujo a seguir dentro del proceso.</p>	
<p>Letras o números dentro de un círculo.</p> <p>Identifica cuando hay un cambio o departamento dentro del flujo para indicar donde continúa el mismo en la misma pagina o en otra.</p>	
<p>Flecha.</p> <p>Muestra el flujo que lleva el proceso.</p>	
<p>Ovalo.</p> <p>Se utiliza en el inicio (materiales, información o acción que inicia el proceso) y en el final (resultados) del proceso.</p>	
<p>Cuadro o rectángulo.</p> <p>En este símbolo se establece la actividad desarrollada en el proceso</p>	

<p>Figura de Documento.</p> <p>Mediante este símbolo se establecen la cantidad de documentos y copias de los mismos que se requieren en el proceso.</p>	
---	--

Figura 2.1 Símbolos usados en Diagramas de Procesos

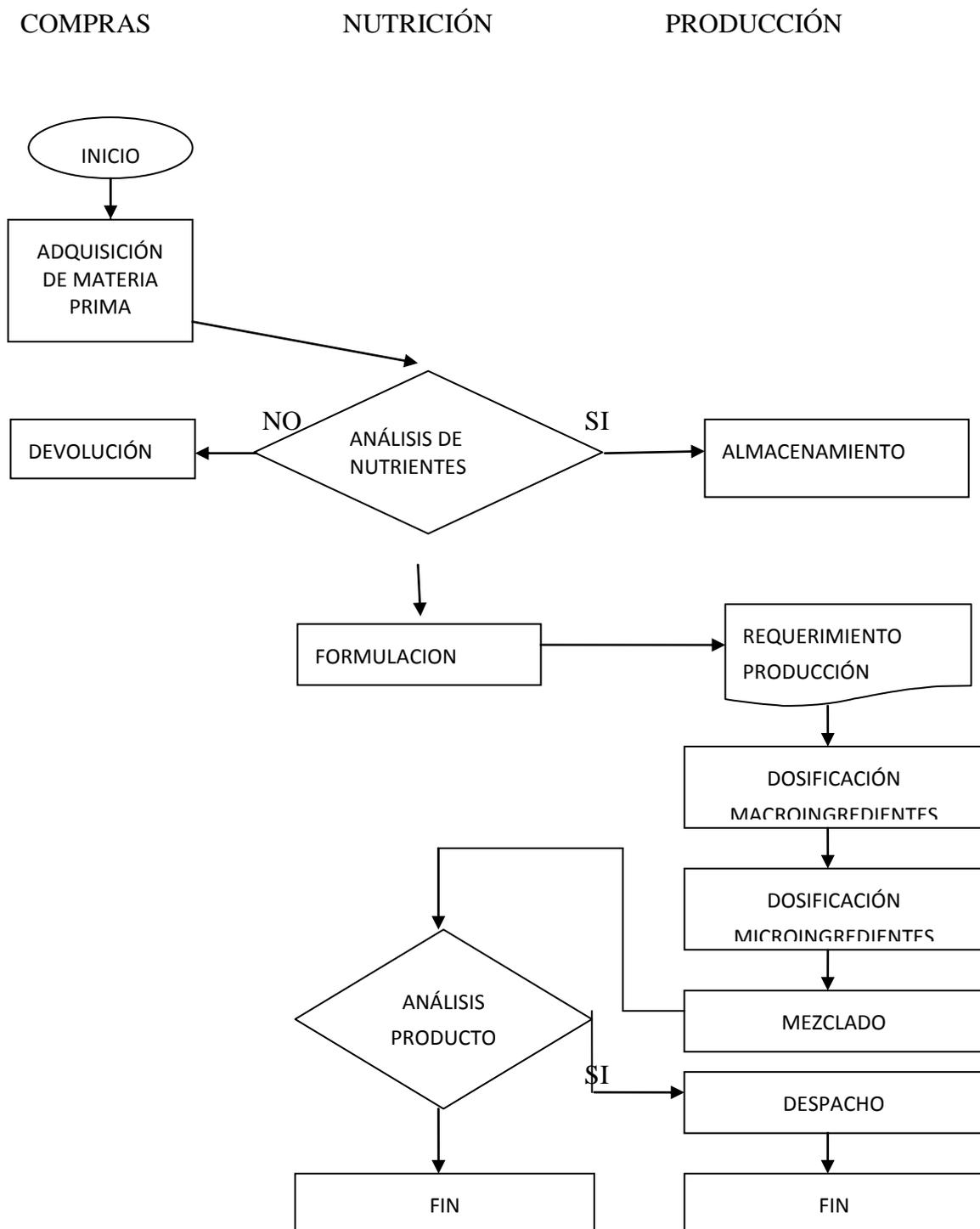
2.1.2 Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Balanceados

Para empezar la elaboración del diagrama de flujo del proyecto a implementarse se va hacer una lista de las actividades y los departamentos que intervienen dentro de la empresa para la fabricación de alimentos balanceados, la cual se muestra en la Tabla 2.1.

ACTIVIDAD	DEPARTAMENTO
Adquisición de Materia Prima	Compras
Análisis de Nutrientes	Nutrición
Almacenamiento	Producción
Formulación	Nutrición
Dosificación Macro ingredientes	Producción
Dosificación Micro ingredientes	Producción
Mezclado	Producción
Análisis del Producto Elaborado	Nutrición
Despacho	Producción

Tabla 2.1 Actividades del proceso de Fabricación de Alimento Balanceado

Como se puede observar en la Figura 2.2 el departamento de nutrición es el que toma las decisiones de adquisición de productos y de despacho de producto terminado, ya que es el que garantiza que el producto elaborado cumpla con los requerimientos nutricionales formulados.



NO

Figura 2.2 Diagrama de Procesos de la Fabricación de Alimento Balanceado

La toma de decisiones se da en dos puntos fundamentales dentro del proceso de fabricación, el primero antes que entre al almacenamiento por que no se puede dañar la materia almacenada con nueva que sea de mala calidad, y el otro que es luego del proceso de mezclado, antes de que el producto sea despachado para verificar que el batch no haya sido afectado por un mal funcionamiento de la maquinaria dentro del proceso.

2.2 Determinación de la demanda de la empresa

Avícola Santa Lucia solicitó la construcción de su planta con una demanda proyectada a 10 años; en la tabla 2.2 se observa el crecimiento de la población de la avícola desde su fundación e inicio de producción en el año 2000 y su consumo en toneladas métricas de alimento balanceado.

Para calcular el consumo de la granja avícola proyectada a 10 años se utilizó Excel para realizar una regresión lineal del crecimiento de la granja avícola en aves alojadas, y en toneladas métricas de balanceados producidas, como se muestran en las Figuras 2.3 y 2.4.

AÑO	AVES ALOJADAS	CONSUMO TM
2000	10000	384
2001	17000	653
2002	24000	922
2003	36000	1382
2004	50000	1920
2005	60000	2304

2006	80000	3072
2007	102000	3917
2008	106857	4103
2009	120048	4610
2010	133238	5116
2011	146429	5623
2012	159619	6129
2013	172810	6636
2014	186000	7142
2015	199190	7649
2016	212381	8155
2017	225571	8662

Tabla 2.2 Demanda de Avícola Santa Lucia

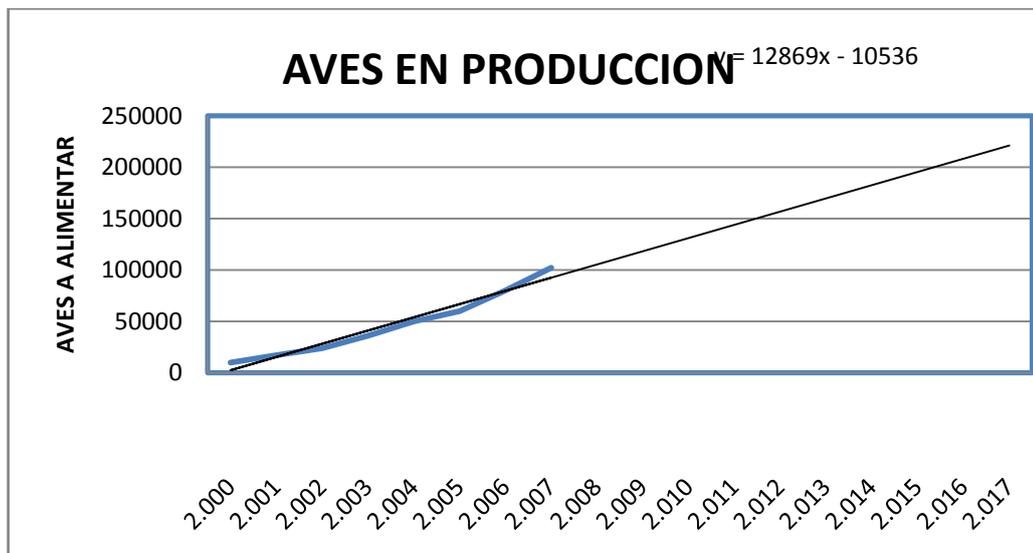


Figura 2.3 Proyeccion de Incremento de Aves.

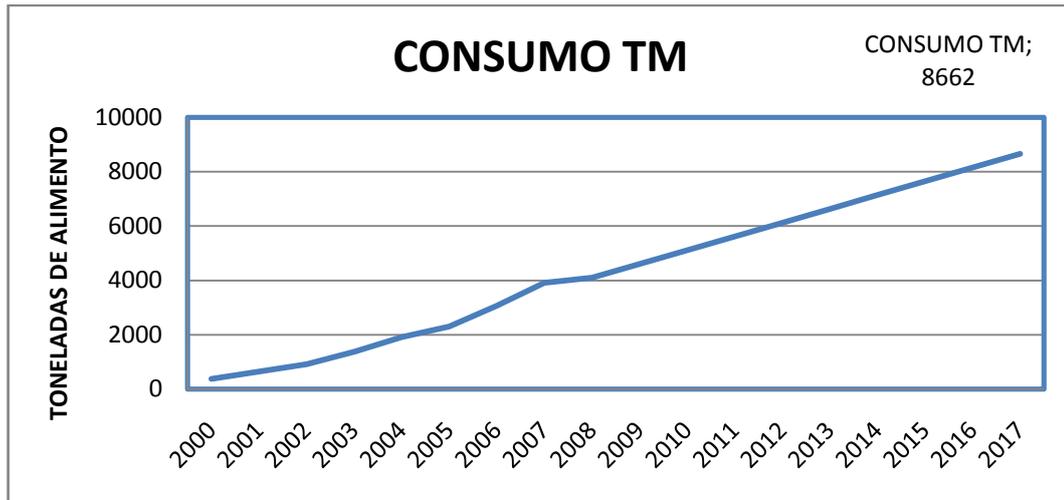


Figura 2.4 Proyeccion de Consumo Alimento Balanceado.

2.2.1 Análisis de la demanda.

Como se observa en las Figuras 2.3 y 2.4 en Avícola Santa Lucia se espera tener un consumo de 8662 toneladas de alimento balanceado en el año 2017, por lo que el diseño debe ser sobredimensionado, para que en el año 2017 la planta trabaje a su capacidad total, la planta que se necesita montar tendrá una capacidad de producir 8000 TM de alimento balanceado al año, por lo que en sus inicios estará trabajando al 50% de su capacidad.

2.3 Selección y montaje de la maquinaria.

Para seleccionar la maquinaria de acuerdo a las necesidades de la empresa, se ha realizado un análisis del tipo de maquinaria existente en el mercado, las ventajas que ofrece cada una, además de la capacidad de producción.

2.3.1 Selección del equipo de almacenamiento y dosificación.

Para el equipo de almacenamiento y dado que la empresa trabaja con el sistema justo in time (justo a tiempo), el cual es un método que reduce costos de gestión, de pérdidas en almacenamiento evitando los stocks muertos; además que no produce alimento balanceado basado en suposiciones sino en necesidades y pedidos reales, por

lo que los inventarios de materias primas son reducidos al mínimo; se ha hecho una selección de equipos de acuerdo a los ingredientes utilizados los cuales son seis: Maíz duro, Pasta de Soya, Afrecho de Trigo, Polvillo, Carbonato de Calcio, Harina de Pescado; a cada uno de éstos se le ha provisto una tolva de acuerdo a la cantidad máxima que puede ocupar en un batch.

Lo más común es utilizar silos para almacenar los productos, éstos pueden variar en cuanto a su forma y su capacidad, sin embargo es importante que estén completamente cerrados, para evitar la entrada de aves, roedores y otros animales no deseables.

En la Figura 2.5 se puede apreciar un conjunto de silos de cónicos que son los más utilizados en el almacenamiento de materia prima.

Las paredes deben ser lisas para evitar que los alimentos se peguen a las paredes y permanezcan dentro del silo al ser vaciado, produciendo así contaminaciones del nuevo producto. Lo más adecuado es que los silos sean llenados por la parte superior y la descarga sea por la parte inferior, esto evitará que alguna parte del lote permanezca dentro del silo más tiempo ya que lo primero en entrar es lo primero en salir.



Figura 2.5 Silos de Almacenamiento con fondo Cónico

Por lo cual se han seleccionado silos para almacenamiento de Soya y Maíz y para el resto de productos un conjunto de cuatro tolvas con lo que se cuenta con una capacidad de almacenamiento que se muestra en la Tabla 2.2

PRODUCTO	TM DE ALMACENAMIENTO
MAÍZ DURO	40 TM
MAÍZ TRITURADO	10 TM
PASTA DE SOYA	15 TM
POLVILLO	2 TM
AFRECHO DE TRIGO	2 TM
CARBONATO DE CALCIO	3.5 TM
HARINA DE PESCADO	2 TM

Tabla 2.3 Capacidad de las Tolvas y Silos de Almacenamiento

Uno de los motivos de seleccionar esta capacidad de almacenaje en tolvas es que la planta cuenta en sus galpones de producción con silos de almacenamiento de producto terminado los cuales tienen una capacidad de 15 TM que es la capacidad de carga que tiene el camión que se encarga de entregar el producto desde la planta de producción a cada uno de los galpones.

Para el sistema de bacheo se ha construido una tolva de capacidad de 1 TM, en la cual se dosificarán uno a uno los ingredientes en las cantidades exactas dadas por el técnico nutricionista.

Esta tolva será montada sobre celdas de carga, las cuales ayudarán a dosificar de manera correcta los componentes; cuando los ingredientes estén completos, el sistema

accionará la compuerta neumática de la que esta provista esta tolva en la parte inferior y descargará su contenido sobre la mezcladora.

En la Figura 2.6 se ilustra el proceso de alimentación del elevador hacia las tolvas.

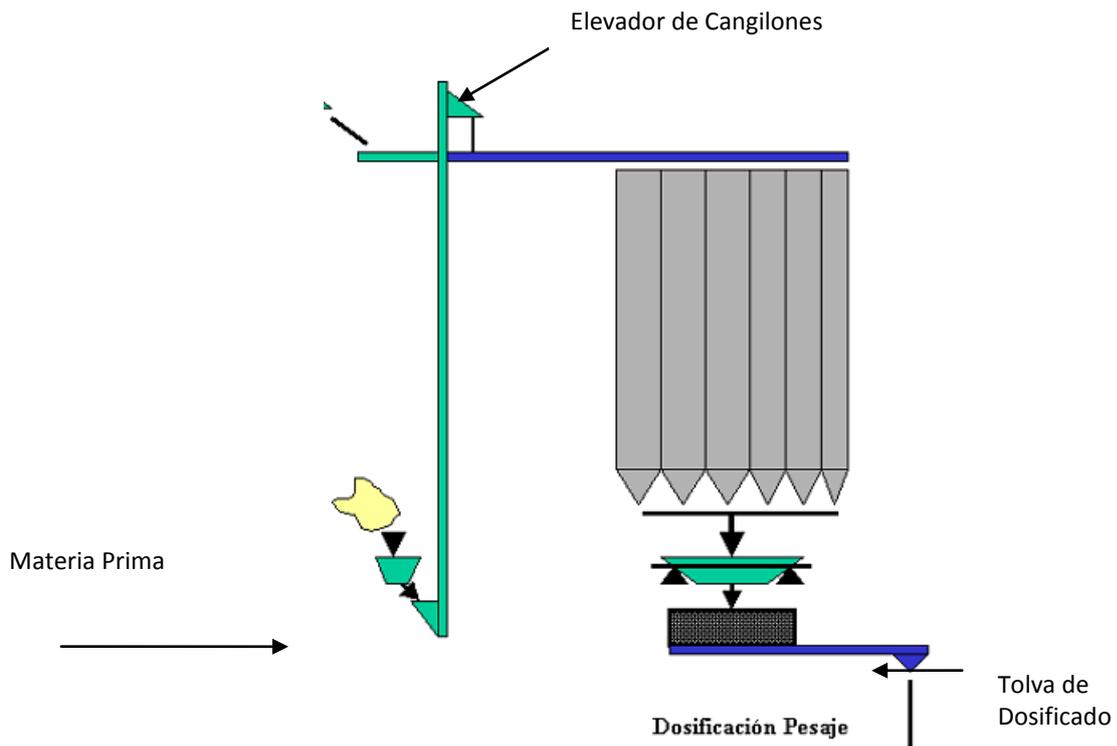


Figura 2.6 Proceso de llenado de tolva dosificadora

En la Figura 2.7 se indica la tolva de dosificado.



Figura 2.7 Tolva de Dosificado

2.3.2 Selección del Equipo de Transportación de Materia Prima y Producto Terminado

El equipo de transportación juega un papel importante dentro de la fabricación de alimentos balanceados, ya que es el encargado de llevar la materia prima desde bodega hacia las tolvas de almacenamiento y de allí hacia la tolva dosificadora.

Antes de decidir que sistema de transporte es el mejor, es necesario considerar algunos aspectos claves:

- El tipo de transporte: horizontal, vertical, inclinado, flexible etc.
- El tipo de material que se va a transportar.

- La capacidad del transporte.

2.3.2.1 Selección del Equipo Alimentador de Tolvas

Para seleccionar este equipo se debe tomar en cuenta la altura a la cual va a ser descargada la materia prima para alimentar a las tolvas y silos, en este caso se va a tomar la altura del silo más elevado, dentro de la fabrica éste es de 8m por lo que la altura de descarga del elevador debe ser mínimo de 9m.

Para alimentar a tolvas se utilizarán elevadores de cangilones, ya que estos ofrecen algunas ventajas sobre los demás:

- Estos elevadores son de fácil montaje.
- Permiten alcanzar grandes alturas (70 mts).
- No desperdician el área de la bodega.
- Angulo de elevación 90°.
- Tiene dos bocas de alimentación.

El elevador que se va a utilizar dentro de este proyecto es uno de fabricación nacional, el cual tiene capacidad de transportar 40 TM/h en productos cuya densidad es de 845 cm³/kg.

Este elevador estará provisto de dos bocas, una para recepción de materia prima y otra para la recepción del maíz triturado que desciende del molino.

En la Figura 2.8 se muestra el Elevador de Cangilones seleccionado.

Adjunto al elevador debe ser instalado un distribuidor en la parte superior para la descarga de los diferentes productos hacia las tolvas y silos.



Figura 2.8 Elevador de Cangilones de Materia Prima

Este distribuidor tiene 6 bocas de 200 mm inclinadas 45° y salidas a bridas redondas de 200 mm.

En la Figura 2.9 se muestra el distribuidor de descarga principal

Además se incluye un sistema de accionamiento desde terreno por cable de acero, con rueda indicadora de la posición del tubo interior.



Figura 2.9 Distribuidor Principal

En la Figura 2.10 se muestra la rueda indicadora con accionamiento mecánico.

Por el diseño y espacio del distribuidor principal no puede ser construido con más de 6 bocas; se seleccionó un distribuidor secundario, el cual está conectado a la toma 6 del distribuidor principal para distribuir los productos al conjunto de cuatro tolvas.

El distribuidor secundario tiene un conjunto de 4 bocas de 200 mm, con inclinación de 45° y salidas de bridas redondas de 200 mm.

A este último distribuidor se incluye un sistema de accionamiento desde terreno por cable de acero, con rueda inferior indicadora de la posición del tubo interior.



Figura 2.10 Rueda indicadora principal con accionamiento mecánico

En la Figura 2.11 se muestra el distribuidor secundario y rueda de accionamiento mecánico.



Figura 2.11 Distribuidor Secundario y rueda de Accionamiento Mecánico.

2.3.2.2 Selección del Equipo de Descarga de Tolvas²⁰

Para la descarga de las tolvas hacia la dosificadora se utilizaran transportadores helicoidales o transportadores de cadena, ya que son los que se usan para llevar los ingredientes de forma horizontal o hasta con una inclinación de 45 grados en los de cadena, llegando a ser de 90 grados en helicoidal cerrado.

Según sus dimensiones y su modo de empleo (en posición horizontal, vertical u oblicua), van montados en un cárter acanalado o cilíndrico.

A diámetro igual, los tornillos entubados utilizados horizontalmente pueden alcanzar rendimientos dos veces mayores que los de los tornillos en canal.

Los rendimientos medios de estos dos tipos de tornillos son:

- tornillo en canal: 5 a 30 TM/h, con longitudes de 5 a 30 metros.
- tornillo entubado: 5 a 20 TM/h, con longitudes de 10 a 20 metros.

Se debe indicar que, a rendimiento igual, la velocidad de rotación de los tornillos entubados es el doble de la de los tornillos en canal.

Los tornillos entubados son móviles y operan con cualquier ángulo, mientras que los tornillos en canal suelen ser fijos, ocupan más espacio y no pueden superar pendientes de más del 25%.

No obstante, cuando trabajan oblicuamente a 45°, el rendimiento del tornillo entubado se reduce en 1/3; a 90°, la reducción es de 2/3.

La energía consumida por los tornillos entubados es superior en un 15 a 20% a la consumida por los tornillos en canal.

²⁰ <http://www.fao.org/docrep/X5041S/x5041S06.htm>

Con un rendimiento igual, el tornillo entubado requiere inversiones inferiores en un 20 a un 25 % a las que se precisan para la instalación de un tornillo en canal.

El tornillo entubado remueve intensamente los granos, y los riesgos de quebrarlos o partirlos son más importantes que con el tornillo en canal.

Además estos dos tipos de aparatos presentan el inconveniente de ser difíciles de limpiar.

Para esto se ha seleccionado un conjunto de 8 transportadores helicoidales los que se muestran en la Tabla 2.3.

DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD	LONGITUD	TIPO	DIÁMETRO DEL TUBO
TRANSP. MAÍZ EN GRANO	7 TM/h	6 mts	Tubo abierto	8 inch
TRANSP. MAÍZ MOLIDO	5 TM/h	5 mts	Tubo cerrado	10 inch
TRANSP. SOYA	5 TM/h	4,5 mts	Tubo cerrado	10 inch
TRANSP. AFRECHO	4 TM/h	2,5 mts	Tubo cerrado	10 inch
TRANSP. POLVILLO	4 TM/h	2,5 mts	Tubo cerrado	10 inch
TRANSP. CARBONATO DE CALCIO	4 TM/h	1,5 mts	Tubo cerrado	10 inch
TRANSP. HARINA DE PESCADO	4 TM/h	1,5 mts	Tubo cerrado	10 inch

Tabla 2.4 Transportadores de Dosificación

En la Figura 2.12 se muestra el transportador de Maíz en Grano

Transportador de Canal



Figura 2.12 Transportador Maíz en Grano

En la Figura 2.13 se muestra el conjunto de 6 transportadores que intervienen en el dosificado de productos.

Conjunto de Transportadores

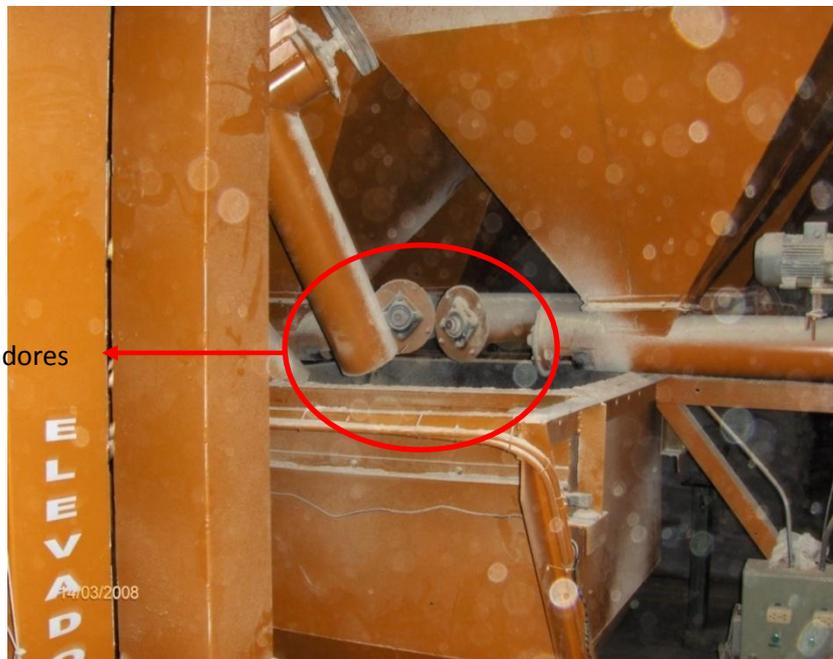


Figura 2.13 Conjunto de Transportadores para el Dosificado de Productos

2.3.2.3 Selección del Equipo de Descarga del Producto Terminado

La entrega del producto terminado en la planta será de dos tipos; despacho al granel, que es el más utilizado y el despacho en saco, que se usa cuando las necesidades de la granja lo requieren; generalmente se da esto en la alimentación de pollita bebe ya que la cantidad de fabricación se reduce a la mitad de la tanda, esto es media tonelada métrica; en este caso el transporte a granel por esta cantidad de producto no se realiza y este tipo de alimento es transportado directamente en sacos de 45 Kg hacia el galpón de cría.

Aquí hay que destacar que la altura de descarga necesaria para que el producto pueda ser descargado hacia el camión o hacia la tolva de empaque es grande, por lo cual no se pueden usar transportadores de tubo helicoidal por su bajo rendimiento en posición de 90 grados, entonces es necesario seleccionar un equipo con una capacidad de descarga elevada ya que el tiempo de descarga debe ser menor al tiempo de mezclado.

Para la descarga se seleccionó un elevador de cangilones que tiene una altura de 12 mts.

En la Figura 2.14 se ilustra los dos tipos de despachos en la planta.

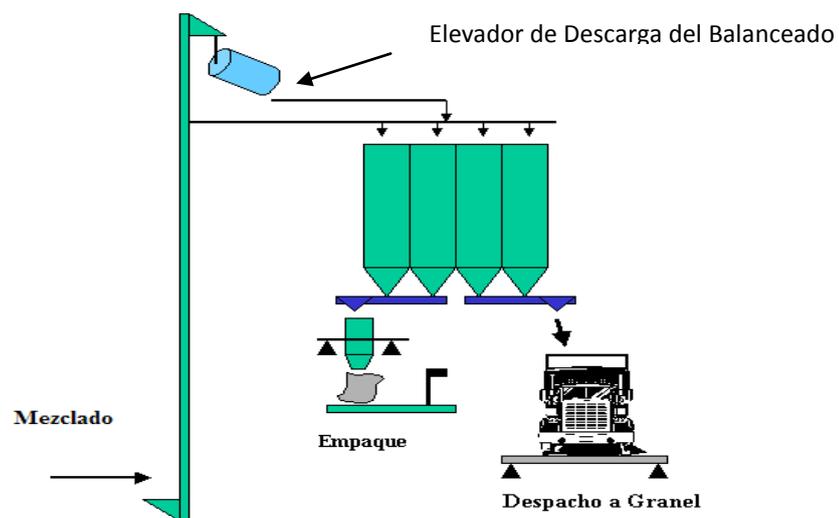


Figura 2.14 Despacho de Producto Terminado

Unos metros bajo el elevador de descarga se instaló un selector de tubería, que ésta provisto de accionamiento mecánico desde terreno para seleccionar la tubería de despacho al granel, que sale directamente afuera de la planta o hacia la tubería que conecta a la tolva de ensacado.

En la Figura 2.15 se muestra el selector de posición para el empaque y el despacho al granel.

2.3.3 Selección del Equipo de Molienda²¹

El propósito de la molienda es preparar y pulverizar el grano en una estructura optima, de modo que los animales absorban el valor nutritivo como sea posible.



Figura 2.15 Selector de posición para Empaque o despacho de Producto al Granel

Los principios de molienda de hoy con los molinos de martillo y molinos de rodillos, se han desarrollado con el viejo método con el cual los antepasados machacaban el grano, las semillas y la caña entre dos piedras. Los diversos animales

²¹<http://www.los-seibos.com/teoria/intrprodbal.pdf> Introducción a la Fabricación de alimentos Balanceados

tienen distintas necesidades de granulometría del grano, por ello en la actualidad existen varias maquinas para producir alimentos molidos.

El sistema de molienda se determina según el tipo de alimento a producir en la planta:

- Para cerdos y aves de corral, se utilizan molinos de martillo
- Para ganado y otros rumiantes, se utilizan pulverizadores y molinos de rodillo

Para la implementación de este proyecto se va utilizar un molino de martillos, de fabricación nacional, el cual producirá la cantidad de 5 TM/h de maíz molido, el mismo que luego de ser triturado será llevado por el elevador de cangilones de materia prima para ser almacenado en su respectivo silo a la espera del proceso de dosificación.

La razón de la selección de esta capacidad de molienda tiene estrecha relación con la capacidad de producción de alimento balanceado, ya que el proceso de producción se detiene a falta de este elemento, por lo que el molino debe estar en la capacidad de satisfacer las necesidades de dosificación.

En la Figura 2.16 se muestra el molino de martillos seleccionado para la planta.



Figura 2.16 Molino de Martillos

2.3.4 Selección del Equipo de Mezclado

El objetivo del Mezclado es obtener una mezcla uniforme de ingredientes líquidos y sólidos en la fórmula sin la destrucción de los nutrientes en una mínima cantidad de tiempo.

Las mezcladoras verticales requieren menor inversión inicial y bajo costo de mantenimiento; sin embargo, el tiempo de mezclado se incrementa hasta más de 10 minutos, permiten bajas inclusiones de líquidos, la limpieza de la máquina se torna más complicada y la zona de mezclado se concentra en la trayectoria del helicoidal y muy baja en el resto del cuerpo.

Con las mezcladoras horizontales el tiempo de mezclado disminuye de 2 a 5 minutos, existe un movimiento izquierda-derecha por el acomodo de los listones generando una mezcla más uniforme y una mejor adición de Premezclas o microingredientes, también permite una mejor limpieza. Una mezcladora horizontal de listones se recomienda para productos en harinas con muy poca adición de líquidos, la mezcladora horizontal de paletas se recomienda cuando en la formulación se adicionan productos fibrosos y melaza. Lo óptimo es que el coeficiente de variación de la mezcla se mantenga por debajo del 10% para poder afirmar que se esta produciendo una mezcla uniforme.

Se debe recordar que la adición de líquidos en las mezcladoras horizontales debe ser contraria a la rotación del listón o paleta para que sea agregado adecuadamente.

Por las ventajas mencionadas para este proyecto se implementará una mezcladora de tipo horizontal de cintas con una capacidad de mezclado de 1 TM por tanda, la cual es de fabricación nacional, esta provista de una compuerta neumática en la parte inferior para descarga del producto hacia la tolva que alimenta el elevador de descarga.

En la Figura 2.17 se muestra parte del interior de la mezcladora horizontal seleccionada.



Figura 2.17 Mezcladora Horizontal de Cintas

2.4 Selección e implementación del sistema eléctrico y neumático

2.4.1 Selección del Sistema Eléctrico

Para seleccionar el sistema eléctrico se ha tomado en cuenta la potencia instalada dentro de la planta, a continuación en la Tabla 2.4 se indica la potencia del motor de cada máquina.

Para el accionamiento del motor de mayor potencia que es el del molino de martillos y debido a las altas corrientes de arranque, se ha seleccionado un arrancador

suave de la marca Telemecanique. El arrancador seleccionado es de la serie ATS 01 n272NY.

MAQUINARIA	POTENCIA DEL MOTOR
MOLINO DE MARTILLOS	20 hp
MEZCLADORA HORIZONTAL	15 hp
ELEVADOR MATERIA PRIMA	7.5 hp
ELEVADOR DE DESCARGA	5 hp
TRANSPORTADOR MAIZ GRANO	5 hp
TRANSPORTADOR MAIZ PARTIDO	3 hp
TRANSPORTADOR SOYA	3 hp
TRANSPORTADOR AFRECHO	2 hp
TRANSPORTADOR POLVILLO	2 hp
TRANSPORTADOR HARINA DE PESCADO	2 hp
TRANSPORTADOR CARBONATO DE CALCIO	2 hp

Tabla 2.5 Tabla de potencias de motores.

Arrancador suave para motor asincrónico ATS01 n272NY²²

El arrancador Altistart 01 es un limitador de torque que permite un arranque suave, y también una detención suave de los motores asincrónicos; algunas de las principales características se indican a continuación:

²² <http://www.elecSerrano.com.ar/schneider/arranque/ats/index.php>

- La utilización del Altistart 01 mejora los rendimientos de arranque de los motores asíncronos permitiendo un arranque suave sin golpes y controlado.
- Su utilización permite la supresión de los choques mecánicos que causan el desgaste, tiempos de mantenimiento y tiempos de detención de la producción.
- El Altistart 01 limita el torque y las puntas de corriente durante el arranque, en las máquinas para las cuales un torque de arranque elevado no es necesario.

Este arrancador suave tiene:

- 1 LED verde de señalización: producto en tensión.
- 1 LED amarillo de señalización: motor alimentado con tensión nominal.
- 2 entradas lógicas para las órdenes de Marcha/Parada.
- 1 entrada lógica para la función BOOST.
- 1 salida lógica para señalar el final del arranque.
- 1 salida de relé para señalar un fallo de alimentación del arrancador o la parada del motor al final de la ralentización. (Ver Anexo F)

En la Figura 2.18 se muestra el arrancador suave modelo Alistar 01.



Figura 2.18 Arrancador Suave Alistar 01

Para regular la velocidad de los transportadores que alimentan la dosificadora, se necesita utilizar variadores de frecuencia.

Los variadores de velocidad²³ son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad
- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

Los variadores de velocidad están preparados para trabajar con motores trifásicos asíncronos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red.

Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

²³ <http://www.elecSerrano.com.ar/schneider/variador/index.php>

- Tipo de carga: Par constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.
- Tipo de motor: De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.
- Rangos de funcionamiento: Velocidades máximas y mínimas. Verificar necesidad de ventilación forzada del motor.
- Par en el arranque: Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 10% del par nominal es conveniente sobredimensionar al variador.
- Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Aplicación multimotor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.
- Consideraciones de la red: Micro interrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislación.
- Consideraciones de la aplicación: Protección del motor por sobre temperatura y/o sobrecarga, contactor de aislación, bypass, re arranque automático, control automático de la velocidad.

Para seleccionar estos variadores, se tomó en cuenta algunas de las características que deben tener para este proceso como son:

- El equipo debe tener la capacidad de ser controlado remotamente
- El equipo debe tener protecciones de sobrecorrientes
- Debe poseer compensación de torque
- Deben ser de conexión multimotor

Estas características fueron encontradas en los variadores de la Altivar 31 de Telemecanique.

Variadores de Frecuencia Altivar 31²⁴

El variador Altivar 31 es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de jaula, robusto, de dimensiones reducidas y fáciles de poner en servicio.

Funciones

El variador Altivar 31 dispone de seis entradas lógicas, tres entradas analógicas, de una salida lógica / analógica y de dos salidas relés. Las principales funciones integradas son las siguientes:

- Protecciones del motor y variador.
- Rampas de aceleración y de desaceleración, lineales, en S, en U y personalizadas.
- Mas velocidad / menos velocidad.
- 6 velocidades preseleccionadas.
- Consignas y regulador PI.
- Comando 2 hilos / 3 hilos.
- Lógica de frenado.
- Configuración de defectos y de tipos de parada respaldo de la configuración en el variador, etc.

Por recursos económicos y por el diseño de la dosificadora se utilizarán solo dos variadores de frecuencia para controlar el proceso de dosificado.

En la Figura 2.19 se muestra el variador Altivar 31.

²⁴ <http://www.elec serrano.com.ar/schneider/variador/atv31/index.php>

El primer variador, será encargado de controlar la velocidad de los dos motores de 3 hp que se encarga de la dosificación de la soya y del maíz molido respectivamente; mientras que el segundo, de los cuatro motores de 2 hp; la salida de los variadores ha sido multiplexada para que trabajen uno a uno.

Cada uno de los equipos restantes tiene mando por botonera, arranque directo con contactor y protección de relé térmico.



Figura 2.19 Variador de Frecuencia Altivar 31

2.4.1.1 Implementación del sistema Eléctrico.

Para la implementación del sistema eléctrico y sus componentes se adquirió un gabinete metálico de tipo modular de las siguientes características:

- Medidas: 80 cm de ancho, 60 cm de profundidad. 160 cm de altura.
- Cuenta con 1 juego de 4 barras en cobre electrolítico, con capacidad de 300 Amp, para la fase y el neutro con sus respectivos aisladores.

- Esta construido con plancha galvanizada de 1/16", bisagras desmontables de 4 pernos, 4 placas internas para montaje de accesorios eléctricos, Base hueca para entrada y salida de conductores, acceso por los 4 lados, regulación interna de placas, tratamiento anticorrosivo y pintura horneable.

En la placa superior se han colocado los breakers de protección y el breaker principal; en la segunda placa están: el arrancador suave, los variadores de frecuencia y el arranque directo de la mezcladora; en la tercera placa se encuentra los arranques directos de: Elevador 1, Elevador 2, de los transportadores de Maíz en Grano, Maíz Partido, Soya, Afrecho, Polvillo, Harina de Pescado Carbonato de Calcio y un libre; en la última placa se ubican las borneras de conexión para los motores.

En la Figura 2.20 se muestra una vista interior del tablero con sus equipos instalados.

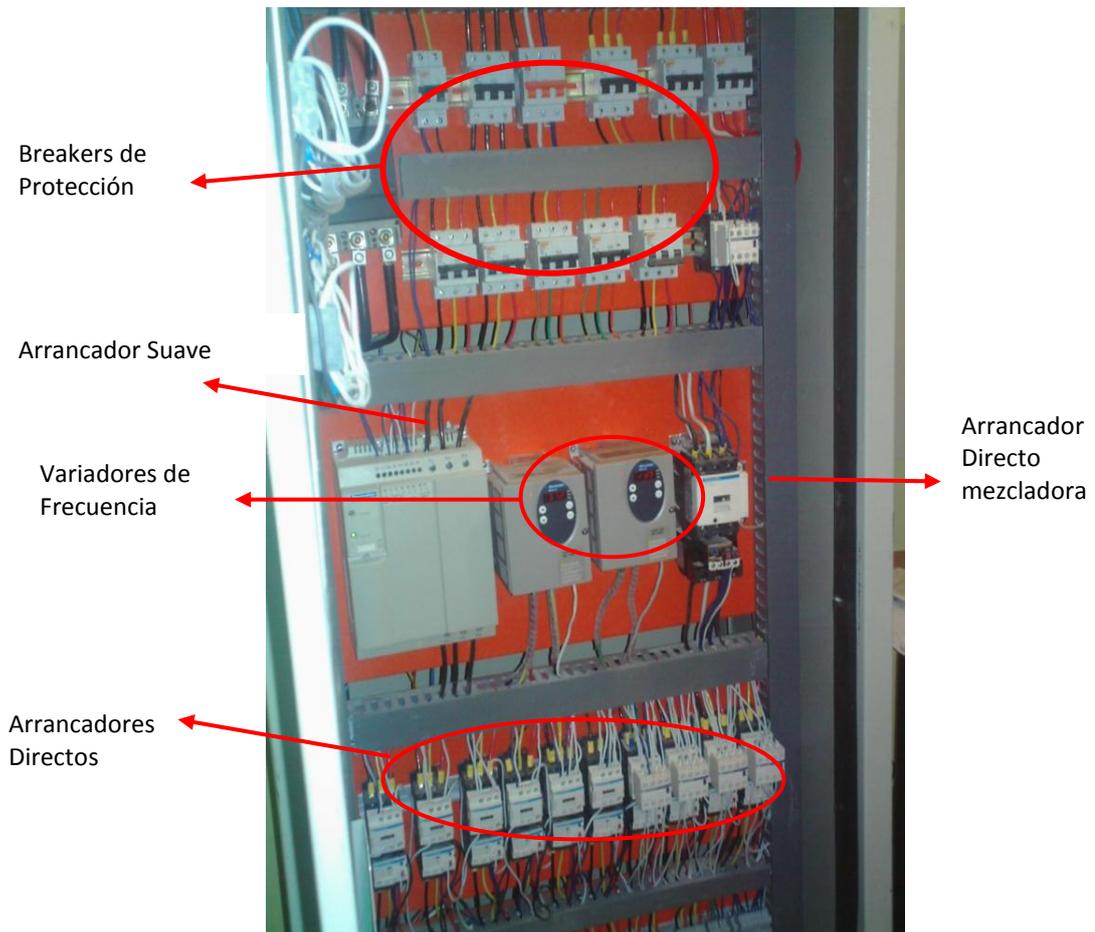


Figura 2.20 Vista Interior del Tablero

En la puerta del tablero se ha colocado un selector de tres posiciones para accionamiento manual, paro y accionamiento automático y 12 botoneras con luz piloto incluida para el accionamiento manual de cada uno de los equipos.

En la Figura 2.21 se muestra la puerta del tablero de potencia.



Figura 2.21 Puerta de Acceso al Tablero Principal

En el Anexo B se muestra el diagrama de control del tablero principal.

2.4.2 Selección de Equipo Neumático

Para el accionamiento de las compuertas de aire comprimido es necesaria la adquisición de un compresor, el seleccionado es de la marca Porter Cable; a continuación se indican las características más importantes:

- Motor Monofásico de 3 hp para un rápido tiempo de recuperación.
- Un tanque con una capacidad de 60 galones cumple la norma ASME.
- Un capacitor de 240 Volts para el arranque del motor de inducción y un relé de protección térmica.
- El compresor es de una sola etapa, el mismo tiene un cuerpo de aluminio.
- Tomas de 2" en el tanque para tomar medidas con mayor exactitud de la presión del tanque.

En la Figura 2. 22 se muestra el compresor seleccionado.



Figura 2.22 Compresor Porter Cable 3 hp

Para el accionamiento de los cilindros, se adquirió dos electroválvulas 5/2 monoestables de la marca Metal Work, de procedencia italiana; estas válvulas están montadas en el tablero 3 de la planta.²⁵ (Ver anexo A)

En la Figura 2.23 se muestra una electroválvula de tipo biestable.



25

<http://www.neumaticarotonda.com/2006/images/productos/valvulasneumaticas/pdf/valv%20serie%2070%20mec.pdf>

Figura 2.23 Electroválvula Metal Work biestable

A continuación se indican algunas características de las electroválvulas:

- Bobina de 220 V ac
- Presión de Trabajo 2.5 – 10 bar
- Temperatura de Trabajo -10° C a 60°C
- Se pueden instalar en cualquier posición, pero si existen vibraciones se recomienda no usar la posición vertical.

En la Figura 2.24 se muestra el diagrama neumático de conexión.

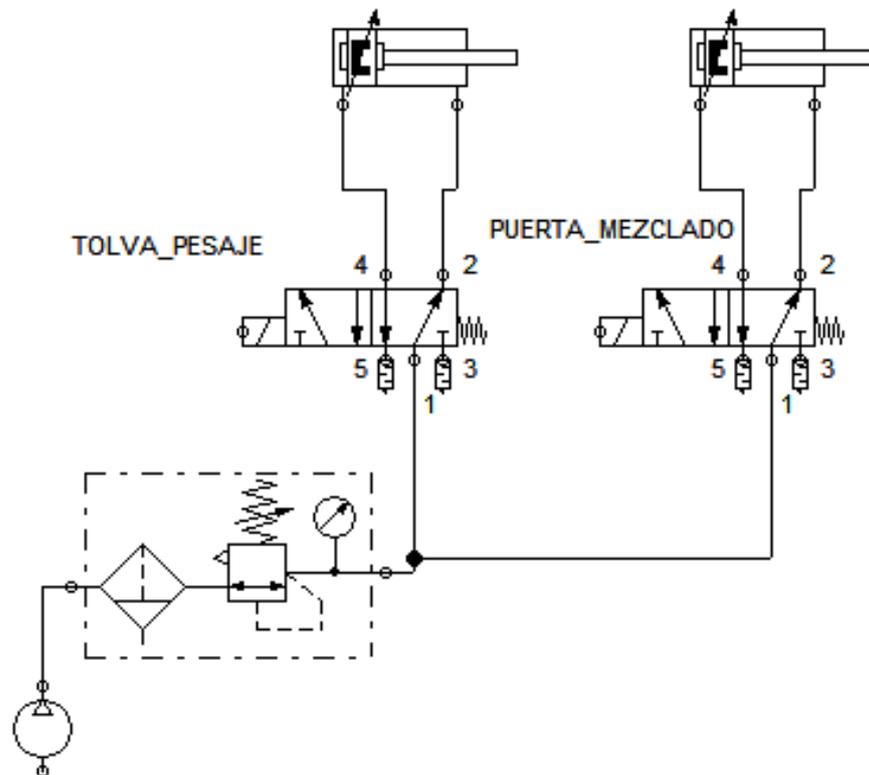


Figura 2.24 Diagrama de conexión del sistema neumático

Para la conexión de las válvulas al sistema de aire comprimido, se utilizarán racors de la misma marca, los mismos que ofrecen algunas ventajas, ya que se los puede utilizar miles de veces sin comprometer el normal funcionamiento del sistema, el muelle de sujeción prende al tubo sin dañarlo o deformarlo permitiendo así una mayor simplicidad en la operación de conectar o desconectar el racor del tubo, ofrecen la posibilidad de fijación a pared gracias a dos agujeros pasantes asimétricos.

En la Figura 2.25 se muestran algunos racors de la marca Metal Works



Figura 2.25 Racors Metal Works

2.5 Selección del sistema de instrumentación y adquisición de datos

El diseño de una nueva planta hoy no es concebible sin un avanzado sistema de automatización de la misma. Este no sólo debe servir para el control de los procesos, sino también para la integración de toda la información que se genera en cada punto y su comunicación con el resto de departamentos de la compañía (nutrición, calidad, gestión, logística, etc).

De nada serviría controlar bien los procesos de forma aislada si no se considera la fabricación como una serie concatenada de procesos que tienen un objetivo claro común: producir a mínimo coste con una calidad garantizada.

Los sistemas modernos de automatización están basados en nuevas tecnologías de comunicación, mando, señalización y control de elementos mecánicos y eléctricos. Los sistemas empleados preferentemente son de control distribuido; cada máquina tiene su elemento de control, el conjunto de máquinas que forman un proceso se regenta a través de PLC y éstos se comunican con el personal a través de PC.

El buen funcionamiento de un sistema automatizado no debe ser útil exclusivamente para que los procesos se realicen adecuadamente y se consiga un buen producto terminado. Se debe esperar de ella una buena integración de la información de todo lo que ocurre y ocurrió en la planta. Esto da credibilidad de lo que se ha realizado y se está realizando.

Desde la óptica de calidad y confiabilidad de lo que se está realizando la información del sistema resulta imprescindible.

2.5.1 Selección de los Dispositivos de Control del Sistema.

Los dispositivos de mando del sistema de control son la interfaz entre el software de control y los actuadores, estos dispositivos deben poseer la capacidad de recibir la señal de las celdas de carga y hacer actuar a la dosificadora y equipos involucrados en el proceso.

Debido a que en este proyecto es necesario implementar un sistema HMI, los dispositivos de mando deben ser compatibles con un software industrial LabView, que es el que se va a utilizar, el hardware industrial que es compatible con este software son los productos FieldPoint, ambos de National Instruments.

Productos FieldPoint²⁶

²⁶ <http://www.ni.com/distributedio/esa/>

Los productos FieldPoint de National Instruments (NI) están diseñados para aplicaciones de medidas remotas, control industrial y registro de datos. Con las certificaciones industriales y de construcción robusta de estos dispositivos, se puede realizar medidas desde diversos juegos de sensores y actuadores sin importar el entorno o la distancia. Los productos de E/S distribuidas de NI van desde expansión de E/S basada en USB o Ethernet a control inteligente o sistemas de adquisición de datos que pueden funcionar como sistemas autónomos. Para integrar a equipos existentes, los productos de E/S distribuida de NI usan protocolos industriales, como Modbus TCP, en lugar de Ethernet o serial. Con los productos de E/S distribuida de NI, se puede adquirir datos de manera fácil y confiable hasta en condiciones eléctricas y ambientales extremas.

Para que un sistema de FieldPoint funcione son necesarios algunos módulos adicionales, el principal es el módulo de red de trabajo, que es la interface de comunicación entre los módulos de E/S de los Field Points y el computador.

Módulos de red de trabajo²⁷

Los módulos de red de trabajo van acompañados de un Software FieldPoint para rápida configuración de sistema, entre las principales características están:

- Soporta protocolos de comunicación para Ethernet, RS-232/RS-485, H1 Fieldbus y CAN.
- Son Fáciles de leer y escribir desde un servidor en red usando LabVIEW o cualquier cliente OPC, realizan control, monitoreo y registro de datos distribuidos.

A continuación se menciona los modelos de interfaces de red de trabajo:

- Los FP-160x son módulos de interfaz en red de Ethernet que manejan rangos de comunicación de datos de hasta 100Mb/s y comunicaciones guiadas por evento.

²⁷ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/2175>

- El FP-1000 y el FP-1001 son módulos de interfaz en red para conectar sistemas Field Point de E/S a una red RS-232 o RS-485.

El módulo de interfaz de red de trabajo elegido para el proyecto es el FP 1000

NI FP-1000²⁸

El FP-1000 de National Instruments es un módulo de interfaz en red para sistema de E/S FieldPoint. Cada FP-1000 conecta a un nodo hasta con nueve módulos de E/S FieldPoint ya sea en red RS232 o RS485. Una red FieldPoint puede consistir en hasta 25 nodos de red para un total de 225 módulos de E/S FieldPoint. El FP-1000 administra comunicaciones entre el servidor y los módulos de E/S vía un bus local de alta velocidad formado por bases de terminal FieldPoint. También brinda varias funciones de diagnóstico y configuración, simplificando la instalación, el uso y el mantenimiento. FieldPoint Explorer y el software están incluidos sin cargo con los sistemas RS232/RS485 FieldPoint. Estas herramientas de software simplifican la instalación e integración del sistema con paquetes de software de aplicación. (Ver Anexo G)

Esta interfaz de red cuenta con algunas características:

- Conexión directa a puerto serial PC (RS232)
- Operación HotPnP plug-and-play
- Hasta 25 módulos de red (225 módulos de E/S) en una sola red RS485
- Diagnósticos y mantenimiento inteligentes
- Temporizador tipo watchdog

En la Figura 2.26 se muestra el modulo de interfaz de red FP-1000

²⁸ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/2180>



Figura 2.26 Módulo de Interfaz de Red FP-1000

Módulos de entradas y salidas

FieldPoint ofrece una variedad de módulos de E/S analógica y digital para medir y controlar sensores y actuadores industriales. Para E/S analógica se aprovecha el acondicionamiento de señales FieldPoint integrado para conectar directamente a señales de alto voltaje, bajo voltaje y miliamperios, termopares, RTDs y circuitos de puente (como las galgas extensiométricas).

Para E/S digital existen acondicionamiento de señales integrado para fácilmente conectar entradas "sinking" y "sourcing" de alto y bajo voltaje, así como señales AC de bajo y alto voltaje. Todos los módulos brindan un puente de distribución de potencia para hacer más fácil la alimentación de sensores o para conectar lazos de corriente con 2 cables. Todos los módulos brindan protección de sobrevoltaje transitorio de 2,300 Vrms entre los canales de entrada y el Chasis. Para facilitar la instalación y el montaje, los módulos Fieldpoint de entrada analógica presentan operación HotPnP (plug-and-play) para ser detectados e identificados automáticamente por el software de configuración. El desarrollo del software se simplifica también ya que con auto escalas se puede leer y escribir a módulos en unidades de ingeniería, en lugar de tener que convertir los niveles de corriente a números binarios. Todos los módulos vienen con certificados de calibración trazable expedidos por el NIST para asegurar la precisión y fiabilidad de las medidas y el control analógicos.

Para la automatización del proyecto son necesarias un total de: 10 entradas digitales, 18 salidas digitales, 2 salidas analógicas para el control de los variadores.

Por lo que se seleccionó los siguientes módulos de entradas y salidas:

FP-RLY-420²⁹

El FP-RLY-420 tiene 8 relés SPST para conectar señales de uso general a cargas. El módulo se instala a una base de terminal, la cual proporciona tanto terminales de tornillo como de resorte para cableado de E/S en campo. La base de terminal también lleva potencia desde el módulo de red y comunica el estado y control entre el módulo FP-RLY-420 y el módulo de red. (Ver Anexo J)

A continuación se muestra algunas características adicionales de este módulo:

- Rango de operación de -40 a 70 °C
- Sin enganchar, relés SPST, abiertos normalmente
- 8 relés electromecánicos
- Entrada-salida aislada (aislamiento a un pico de voltaje de 2,500 Vrms)
- Conecta hasta 3 A a 35 VDC y 250 VAC

En la Figura 2.27 se muestra el modulo de relés RLY-420.



Figura 2.27 Módulo de Salida a Relé RLY-420

Para controlar la frecuencia de los variadores se ha escogido el modulo FP-AIO-610 la principal razón de la elección de este módulo fue su multifuncionalidad, ya que tiene un conjunto de 4 entradas y salidas digitales.

²⁹ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/10659>

NI FP-AIO-610³⁰

Módulo de Combinación de Entrada/Salida Analógica de 8 Canales para FieldPoint

El FP-AIO-610 de National Instruments es un módulo de un solo terminal de 8 canales de combinación de entrada analógica/salida analógica. Puede medir cuatro canales de voltaje o lazos de corriente en mA, desde sensores y transmisores y puede manejar cuatro canales de 0 a 10 V, o ± 10 V para controlar válvulas, galgas y otros actuadores industriales. El NI FP-AIO-610 tiene un rango de actualización interno de 1.4 kHz y es ideal para sistemas de pocos canales o control PID. El módulo incluye operación fuera del rango y diagnósticos integrados para asegurar instalación y mantenimiento sin problemas. El módulo también hace la programación más fácil al escalar y alinear automáticamente señales de entrada y salida para que usted evite la conversión de números binarios a unidades de ingeniería en su software de control o monitoreo. El módulo FP-AIO-6xx es calibrado de acuerdo a los estándares de calibración trazable del NIST para asegurar la precisión y fiabilidad en medida y control analógicos.

En la Figura 2.28 se muestra el módulo combinado de entradas y salidas analógicas



Figura 2.28 Módulo de Entradas y Salidas Analógicas FP-AIO 610

Para la entrada se los sensores capacitivos y elementos de confirmación se va utilizar un módulo de entradas discretas de la serie FP-DI-301.

³⁰ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/13848>

NI FP-DI-301³¹

Módulo de Entrada Digital (24 VDC, Sinking) de 16 Canales para FieldPoint

El módulo FP-DI-301 de National Instruments presenta 16 canales sinking de entrada digital. Cada canal es compatible con señales de 24 VDC. Cada canal tiene un LED para indicar el estado de on/off del canal. El módulo brinda aislamiento transitorio de 2,300 Vrms entre los canales de salida y el chasis. Se puede utilizar estos módulos de entrada digital para detectar el estado de una variedad de dispositivos discretos conmutadores de proximidad y límite, conmutadores pushbutton, salidas de termostato, relés y circuitos de potencia. Para facilitar la instalación y el montaje, el NI FP-DI-301 presenta operación HotPnP (plug-and-play) para ser detectado e identificado automáticamente por el software de configuración. (Ver Anexo H)

En la Figura 2.29 se muestra el módulo de entrada digital FP-DI 301.



Figura 2.29 Módulo de Entradas Digitales FP-DI 301

Para el control de los motores y el encendido de los variadores se seleccionó un módulo de salidas digitales NI FP-DO-401.

NI FP-DO-401³²

Módulo de Salida Digital de Fuente de 16 Canales para FieldPoint

El módulo FP-DO-401 de National Instruments ofrece 16 canales de salida digital tipo sourcing. Cada canal es compatible con voltajes desde 5 a 30 Vdc y puede

³¹ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/12172>

³² <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/12167>

alimentar hasta 2 A por canal, con un máximo de 8 A cuadrados por módulo. (La suma de los cuadrados de las corrientes de salida de los 16 canales no debe ser mayor a 8). Cada canal tiene un LED para indicar el estado del canal en on/off. El módulo ofrece aislamiento transitorio de 2300 V entre los canales de salida y el plano trasero. Para hacer la instalación y el montaje más fáciles, el FP-DO-401 ofrece operación HotPnP (plug-and-play) y es detectado e identificado automáticamente por la configuración del software. (Ver Anexo I)

En la Figura 2.30 se muestra el módulo de entrada digital FP-DO 401.



Figura 2.30 Modulo de Salidas Digitales FP-DI 401

Para el montaje en riel DIN y el conexionado de cada uno de los módulos de entradas y salidas es necesario el uso de bases terminales, a continuación se indican algunas características de éstas.

Bases Terminales³³

La Serie FP-TB consiste en bases de terminal universales para el sistema de E/S FieldPoint, que aceptan a cualquier módulo de E/S FieldPoint y proporcionan adecuadas terminales de tornillo o resorte para cablear conexiones en campo. Al ser instaladas, las bases de terminal FieldPoint también forman el bus local que lleva comunicaciones y potencia a los módulos de E/S.

Algunas características adicionales se indican a continuación:

- Conexión para cablear en campo a módulos de E/S FieldPoint.
- Diseño entrelazado para una instalación robusta.

³³ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/2178>

- Opciones de terminal de tornillo y terminal de resorte.
- Montaje en riel DIN y panel.
- Bus local para comunicaciones y potencia del módulo.

2.5.2 Selección de los Equipos de Instrumentación

2.5.2.1 Selección de Equipo de Pesaje

El equipo principal en el sistema de dosificado son las celdas de carga, para este proceso y en vista que el mezclado se realiza en tandas de 1 TM, el principal dato para la selección es la capacidad, por lo que se escogió un conjunto de 4 celdas de carga de las siguientes características. (Ver Anexo E)

- Capacidad: 5000 lbs
- Rango de Salida: $3.0\text{mV/V} \pm 1\%$
- Histéresis: 0.02% del voltaje de salida.
- Repetibilidad: 0.02% del voltaje de salida.
- Impedancia de Entrada: $380\Omega \pm 30\Omega$.
- Impedancia de Salida: $350\Omega \pm 3$.
- Voltaje de excitación: 10V DC/AC.
- Excitación Máxima: 20V DC/AC.
- Longitud del cable: 20 pies.

En la Figura 2.31 se muestra la celda de carga Mod 5K/SE LB SBS-5KS que es la que se seleccionó para esta planta.



Figura 2.31 Celda de Carga Mod: 5K/SE LB SBS-5KS

2.5.2.2 Sensores de Nivel de Tolvas.

Para sensor y confirmar que una tolva esta llena se utilizó en este proyecto sensores de tipo capacitivo.

A continuación se indican algunas características adicionales del equipo seleccionado.

- La distancia de sensado es de 0 – 10.5 mm.
- La frecuencia de switcheo es de 50 Hz.
- La corriente de salida es de 200 mA.
- La alimentación es de 10 a 30 Vdc.
- Temperatura de trabajo (-25 °C a 70 °C).
- Grado de protección IP 65.
- Lleva un circuito de protección para polaridad inversa.

En la Figura 2.32 se muestra el sensor capacitivo seleccionado.



Figura 2.32 Sensor Capacitivo Modelo: HCP – 30RP – 15 NA

CAPITULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO

3.1 Circuitos de acondicionamiento de señal de sensores³⁴

Los sistemas de adquisición de datos basados en PC, PIC, PLC y dispositivos insertables son usados en un amplio rango de aplicaciones en los laboratorios, en el campo y en una planta de manufactura. Típicamente, los dispositivos insertables son instrumentos de propósito general diseñados para medir señales de voltaje.

Un problema que comúnmente se presenta, es que la mayoría de los sensores y transductores generan señales que debe acondicionarse antes de que un dispositivo de adquisición pueda adquirir con precisión la señal. Este procesamiento conocido como acondicionamiento de señal, incluye funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico y multiplexado. Es así que la mayoría de los sistemas basados en PC, PIC o PLC incluyen algún tipo de acondicionamiento de señal.

La mayoría de las señales requieren de preparación antes de poder ser leídas correctamente. Por ejemplo, una señal de un termopar es muy pequeña y necesita ser amplificada antes de pasar por un medidor. Otros sensores como RTD, termistores, galgas extensiométricas y acelerómetros requieren de energía para operar. Aún las señales de voltaje puro pueden requerir de tecnología para bloquear señales grandes de modo común o picos. Todas estas tecnologías de preparación, son formas de acondicionamiento de señal.

Los sistemas de acondicionamiento más comunes, incluyen las siguientes etapas:

Aislamiento.- Las señales de voltaje fuera del rango del medidor pueden dañar el sistema de

34

medición y ser peligrosas para el operador. Por esta razón, normalmente es preciso tener el aislamiento y la atenuación para proteger al sistema y al usuario de voltajes de alta tensión o picos. También se puede necesitar aislamiento si el sensor está en un plano de tierra diferente al del sensor de medición.

Amplificación.- Cuando los niveles de voltaje a medir son muy pequeños, la amplificación se usa para maximizar la efectividad de la medición. Al amplificar la señal de entrada, la señal acondicionada usa más efectivamente el rango del medidor y mejora la precisión y resolución de la medición. Algunos sensores que típicamente requieren de amplificación son los termopares y galgas extensiométricas.

Atenuación.- La atenuación es lo opuesto a la amplificación. Es necesario cuando el voltaje que se va a medir es mayor al rango de entrada del medidor. Esta forma de acondicionamiento de señal disminuye la amplitud de la señal de entrada, para que la señal acondicionada este dentro del rango respectivo. La atenuación es necesaria para medir voltajes altos.

Multiplexado.- Típicamente, el medidor es la parte más costosa del sistema de adquisición de datos. Al multiplexar, la señal se puede rutear secuencialmente un cierto número de señales a un solo medidor, logrando así un sistema de bajo costo y extendiendo el número de conteo de señales del sistema. El multiplexado es necesario para cualquier aplicación de alto conteo de canales.

Filtrado.- Los filtros son necesarios para eliminar cualquier componente de frecuencia no deseada en una señal.

Principalmente son útiles para prevenir aliasing³⁵ y reducir la señal de ruido. Algunas mediciones de termopares generalmente requieren de filtros pasabajos para remover el ruido de las líneas de fuerza. Las mediciones de vibración normalmente requieren de filtros antialiasing para remover componentes de señales más allá del rango de frecuencias del sistema de adquisición de datos.

³⁵ Aliasing.- Es el efecto indeseable que causa que señales continuas distintas se tornen indistinguibles cuando se les muestrea digitalmente. Cuando esto sucede, la señal original no puede ser reconstruida de forma unívoca a partir de la señal digital; <http://www.babylon.com/definition/Aliasing/Spanish>

Excitación.- Muchos sensores, como RTD, galgas y acelerómetros, requieren de alguna fuente de energía externa para obtener la medición. Esta excitación puede ser voltaje o corriente, dependiendo del tipo de sensor.

Linealización.- Algunos tipos de sensores producen señales de voltaje que no son lineales en relación con la cantidad física que están midiendo. La linealización, puede realizarse a través de acondicionamiento de señal o software. Los termopares son un ejemplo típico de un sensor que requiere linealización.

Compensación de Junta Fría.- Otra tecnología requerida para mediciones de termopares es la compensación de junta fría (CJC). Siempre que se conecta un termopar a un sistema de adquisición de datos, la temperatura del punto de conexión debe ser conocida para poder calcular la temperatura verdadera que el termopar esta midiendo.

Muestreo Simultáneo.- Cuando es crítico medir dos o más señales en un mismo instante, el muestreo simultáneo es indispensable. Esta técnica de acondicionamiento de señal es una opción de bajo costo para realizar esta operación sin tener que comprar un medidor para cada canal. Algunas de las aplicaciones que podrían requerir de muestreo simultáneo incluyen las mediciones de vibración y mediciones de diferencias de fase.

3.1.1 Acondicionamiento de señal de las celdas de Carga

Para acondicionar la señal de las cuatro celdas de carga fue necesaria la adquisición de una tarjeta sumadora comparadora de señales, algunas de las características principales se detallan a continuación. (Ver Anexo D)

- Esta tarjeta tiene 4 borneras de conexión para entrada de las señales de las celdas de carga y una bornera para la salida de la señal promediada.
- La tarjeta puede adquirir señales de cuatro o de dos celdas de carga, pudiendo inclusive usarse para adquirir señales de hasta ocho celdas, cuando se use con otra de similares características.

- La señal de las celdas es calibrada con un conjunto de cuatro potenciómetros lineales, la dimensión de esta tarjeta es de 100 mm x 75 mm.

En la Figura 3.1 se muestra la tarjeta sumadora utilizada para el acondicionamiento de señal.



Figura 3.1 Tarjeta Sumadora de Señales

3.2 Sistema de Adquisición de Datos

Los sistemas de adquisición de datos surgen debido a la necesidad de sustituir al hombre en tareas donde se realizan procesos de medición o de observación de una manera periódica y durante lapsos de tiempo en los cuales el hombre por naturaleza no ofrecería una observación confiable.

3.2.1 Adquisición de datos de la Tarjeta Sumadora de señales

Para la adquisición de datos desde la tarjeta sumadora hacia el computador, se adquirió un indicador digital, el cual toma la señal que envía la tarjeta sumadora, la amplifica y la envía a un conversor analógico digital para mostrar en pantalla el peso medido. (Ver Anexo C)

El Indicador digital seleccionado es el Mod TI 500 E, algunas de las características más importantes se indican a continuación:

- Es un Indicador de alta calidad a bajo costo
- Cumple normas NTEP
- Su carcasa esta hecha de acero inoxidable
- Tiene comunicación serial full dúplex
- Función de conteo de piezas
- Su sistema esta construido para celdas de 350 Ω
- La configuración es completamente del panel frontal
- Opera con un adaptador de pared de 12 Vdc

En la Figura 3.2 se muestra el visor TI-500 E



Figura 3.2 Indicador Digital

Para tomar el dato desde la pantalla del indicador digital, se utilizó comunicación serial con el PC.

3.2.2 Adquisición de datos por FieldPoint

Para la adquisición de datos por FieldPoint se deben instalar los drivers que vienen conjuntamente con los equipos.

Luego de instalado los drives se debe configurar los módulos en el software MAX (Measurement and Automation Explorer)

Se abre el MAX y se da un click derecho en Device Interfaces y se selecciona Create New.

En la ventana de crear nuevo aparece FieldPoint serial, luego se da un clic en siguiente, entonces aparecerá la pantalla para escoger el puerto al cual esta conectado el modo de interfaz de red, se selecciona y da un clic en siguiente entonces el MAX buscará todos los módulos de entradas y salidas conectados al FP 1000.

Para guardar la configuración de los FieldPoint se da un clic en la barra de herramientas, se escoge la opción Tools, FieldPoint y se da clic en Save y se guarda el archivo con extension iak. El cual sirve para cargar el módulo a través de LabView.

Los sensores capacitivos no necesitaron acondicionamiento de señal ya que trabajan a 24 Vdc y se conectaron directamente al módulo FP DI 301 de entradas discretas.

El circuito de conexión del módulo FP DI 301 se muestra en la Figura 3.3

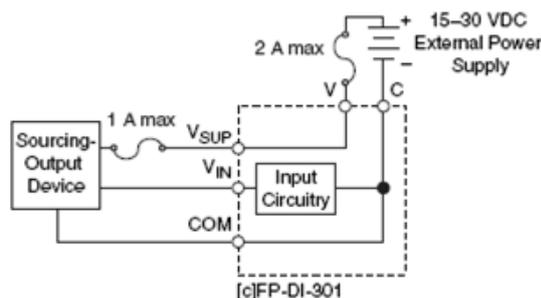


Figura 3.3 Esquema de conexión del módulo FP DI 301

En la Tabla 3.1 se muestra la distribución de canales del módulo DI 301, al cual están conectados los diferentes sensores del proceso.

El módulo DO 401 es el encargado de hacer actuar los motores y accionar los variadores dentro del sistema, se recordará que este módulo tiene salidas de voltaje a 24 Vdc, por lo cual para acoplar la señal a los contactores con bobinas de 220 Vac, se utilizó un módulo de relés adicionales los cuales únicamente acoplan señales.

Canales	Descripción
0	Paro de Emergencia
1	Aditivos
2	Libre
3	Sensor Maíz Grano
4	Sensor Maíz Partido
5	Sensor Soya
6	Sensor Tolva Maíz Grano
7	Sensor Afrecho
8	Sensor Polvillo
9	Sensor Harina de Pescado
10	Sensor Carbonato
11	Libre
12...16	Libre

Tabla 3.1 Distribución de canales módulo DI 301

El diagrama de conexión del módulo DO 401 se muestra en la Figura 3.4

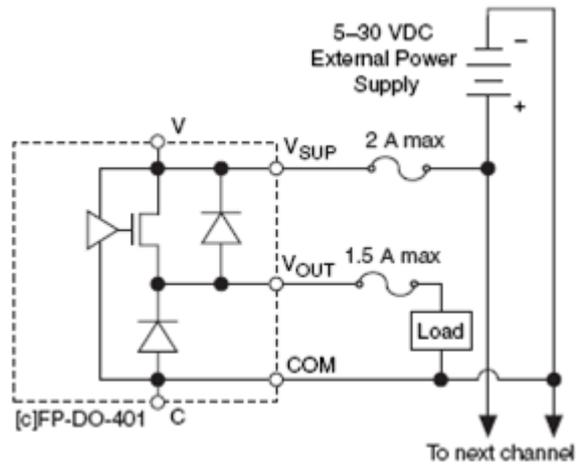


Figura 3.4 Esquema de conexión del módulo DO 401

La Tabla 3.2 muestra la asignación de canales para la planta, en el Módulo DO 401

Canales	Descripción
0	Molino
1	Mezcladora
2	Elevador 1
3	Elevador 2
4	Transp. Maíz Grano
5	Libre
6	Transp. Maíz Partido
7	Transp. Soya
8	Transp. Afrecho
9	Transp. Polvillo
10	Transp. Harina de Pescado
11	Transp. Carbonato de Calcio
12	Variador 1
13	Variador 2
14...16	Libres

Tabla 3.2 Asignación de Canales del Módulo DO-401

Para el accionamiento de las electroválvulas se utilizó el módulo RLY-420, a este módulo se acoplaron directamente las electroválvulas y luces piloto, en la Figura 3.5 se muestra el esquema de conexión.

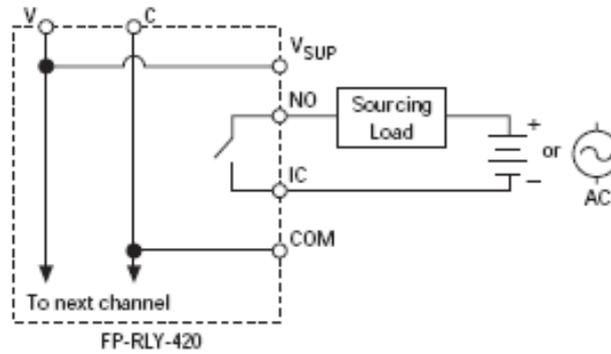


Figura 3.5 Esquema de conexión Módulo RLY-420

En la Tabla 3.3 se muestra la asignación de canales para cada equipo.

Canales	Descripción
0	Puerta Mezcladora
1	Puerta Tolva de Pesaje
2	Libre
3	Luz Paro de Emergencia
4	Luz Aditivos
5	Libre
6....8	Libre

Tabla 3.3 Asignación de Canales del Módulo RLY-420

Para el control de la frecuencia de los variadores se utiliza el módulo AIO-610 cuyo esquema de conexión se presenta en la Figura 3.6

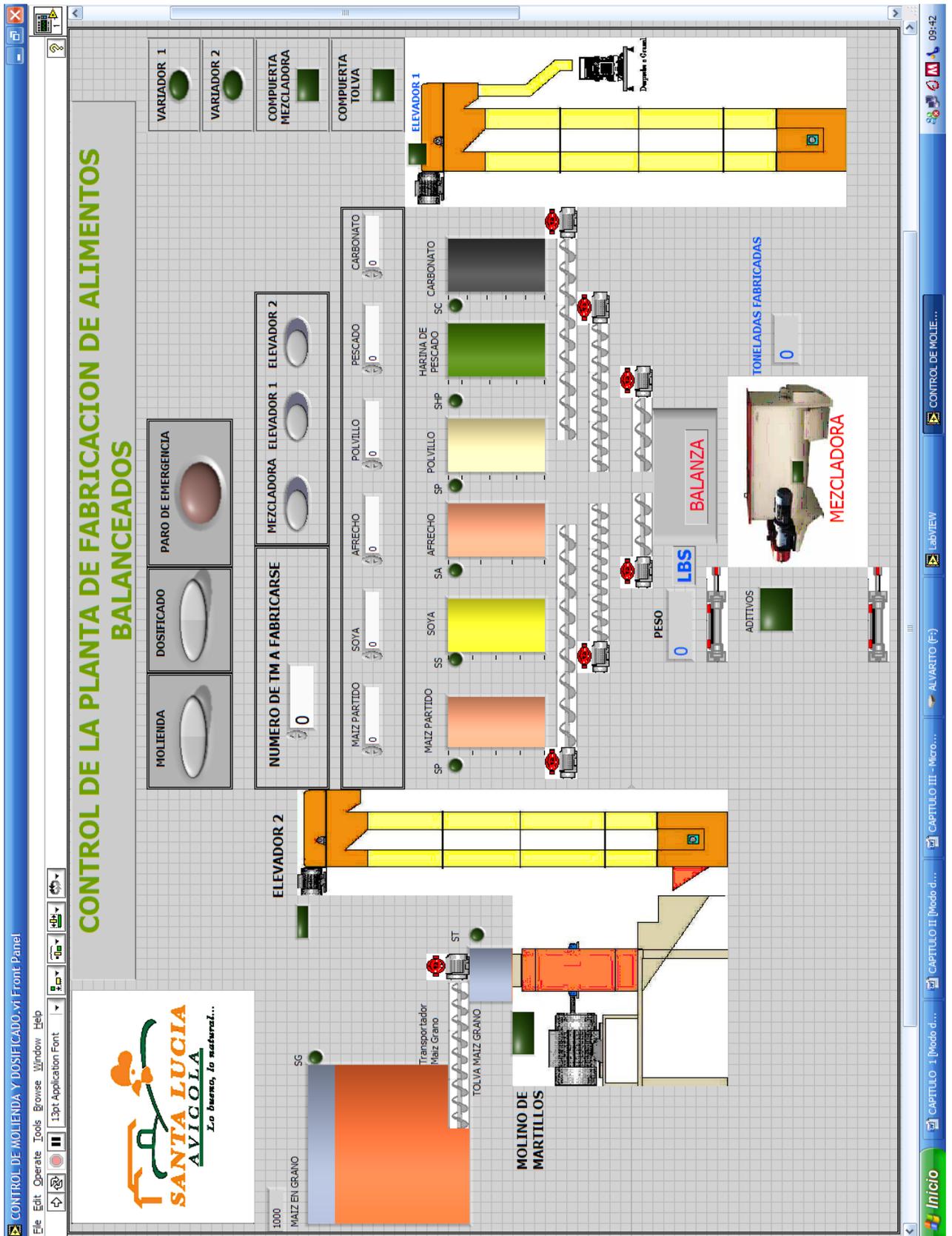
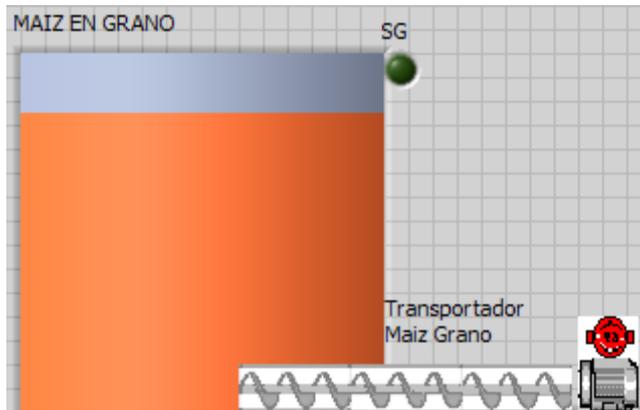
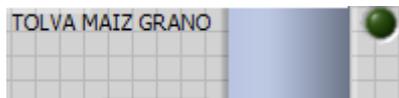


Figura 3.7 Pantalla principal de control

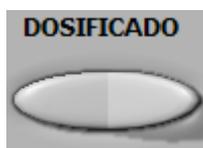
Es un botón de encendido, el cual da inicio o finalización al proceso de molienda.



El slide (Maíz Grano) sirve para representar de forma grafica el nivel de Maíz en grano existente en el silo, el control Booleano SG sirve para indicar cuando el nivel es alto y el control booleano de la parte inferior del slide indica el accionamiento del Transportador de Maíz en grano.



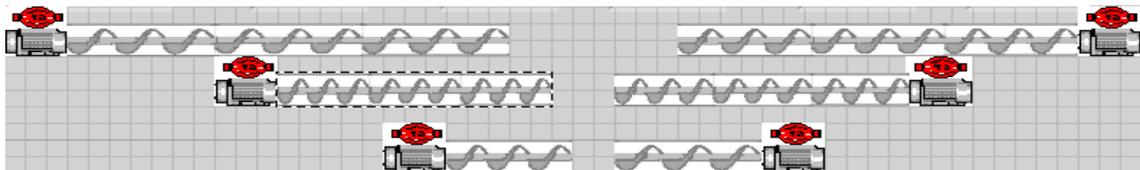
El slide que se encuentra sobre la figura del molino de martillos, sirve para simular el llenado y vaciado de la tolva de Maíz en Grano.



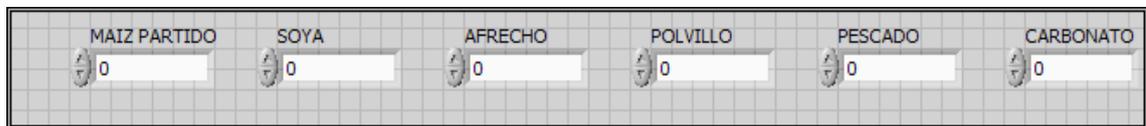
Este control booleano es el encargado de iniciar el proceso de dosificado una vez ingresado los datos de la fórmula.



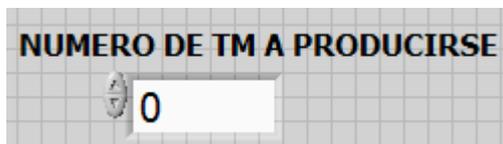
Este conjunto de 6 slides muestra el nivel de producto existente en cada una de las tolvas y silos, los controles booleanos sirven para actualizar los datos cuando las tolvas están llenas.



Este conjunto de controles booleanos simulan el accionamiento de cada uno de los transportadores de tornillo en el dosificado.



Este conjunto de controles numéricos sirven para el ingreso de cantidades que componen la fórmula alimenticia.



En este control se ingresa el número de toneladas que va a producir el sistema.



Este conjunto de controles booleanos acciona los equipos de mezclado y los elevadores 1 y 2.



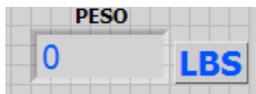
Estos dos controles booleanos muestran la apertura o cierre de las compuertas neumáticas.



Este control indica el número de toneladas que han sido producidas desde que se inició el dosificado.



Este control muestra en pantalla si el operario externo de la maquinaria añadió los aditivos a la formula.



Este indicador numérico muestra el valor que indica el TI 500; o sea la cantidad en libras que se encuentra en la tolva de pesaje.

3.3.1 Control del proceso de Molienda

Para la operación de molienda se van a manejar las siguientes variables:

Actuadores

Molino

Elevador de Materia Prima (Elevador 2)

Transportador Maíz Grano (Maíz Grano)

Sensores

Sensor de Nivel Tolva Maíz Grano (Alto)

Sensor de Nivel Silo de Maíz Grano (SMG)

Sensor de Nivel Silo Maíz Partido (SMP)

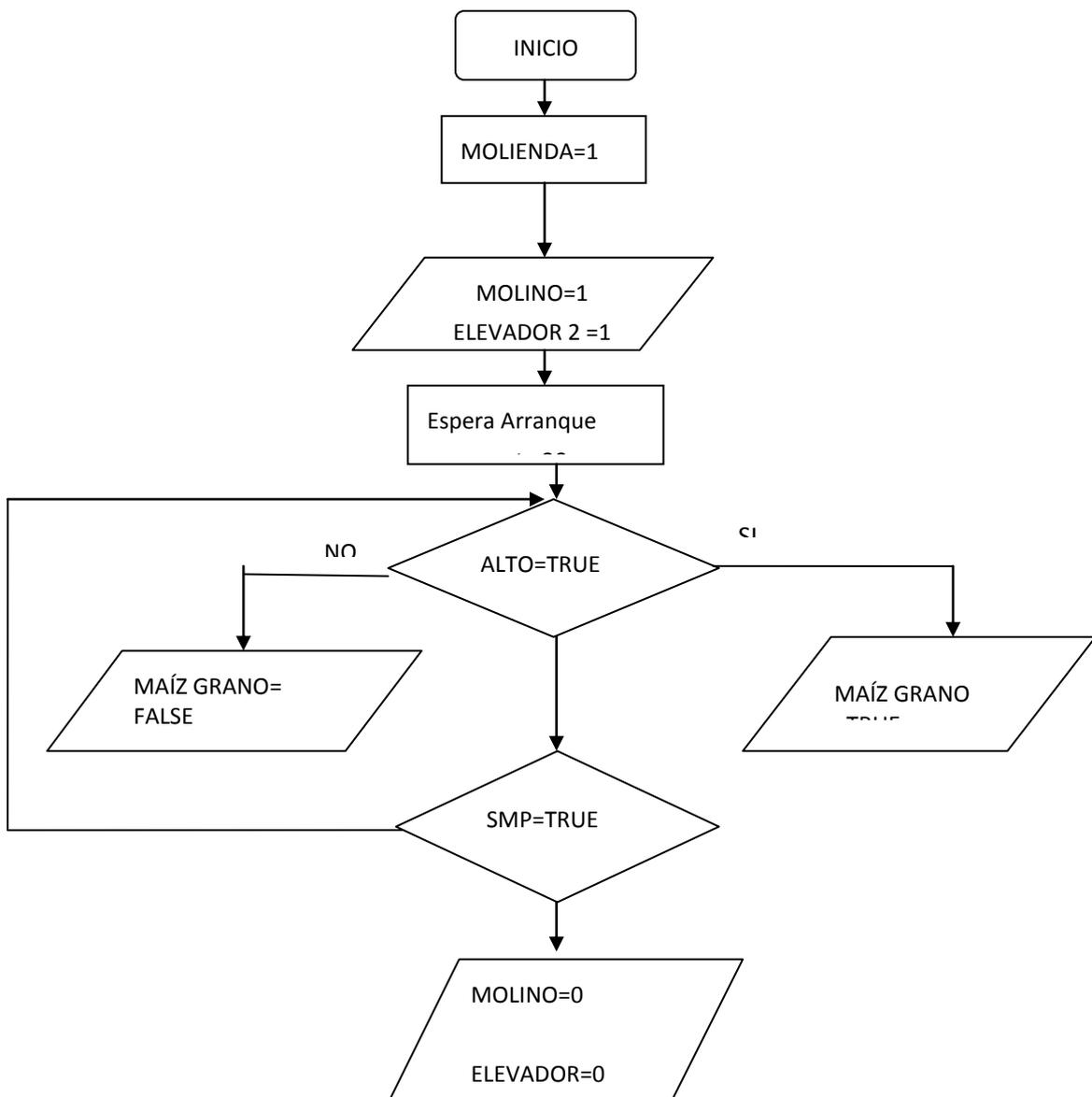


Figura 3.8 Diagrama de Flujo del Proceso de Molienda

A continuación en la Figura 3.8 se presenta el diagrama de flujo del proceso de molienda. En esta figura se observa las diferentes condiciones que deben cumplir las variables respectivas para controlar el molido del maíz.

En el proceso de molienda, el botón que da inicio es el que se ha denominado como MOLIENDA, una vez pulsado este botón se enciende el molino y el elevador 2 (materia prima)

En la figura 3.9 se observa el diagrama de bloques implementado en LabView para cuando la estructura CASE toma un valor de True y $z=0$.

El valor de z se hace igual a uno y se compara con el tiempo transcurrido, este tiempo debe ser igual al tiempo en que el arrancador suave trabaja a pleno voltaje, a partir de este tiempo se acciona el motor del transportador de maíz en grano, solo si el sensor de la tolva esta en True.

En la Figura 3.10 se muestra el diagrama de bloques para un valor de $z=1$.

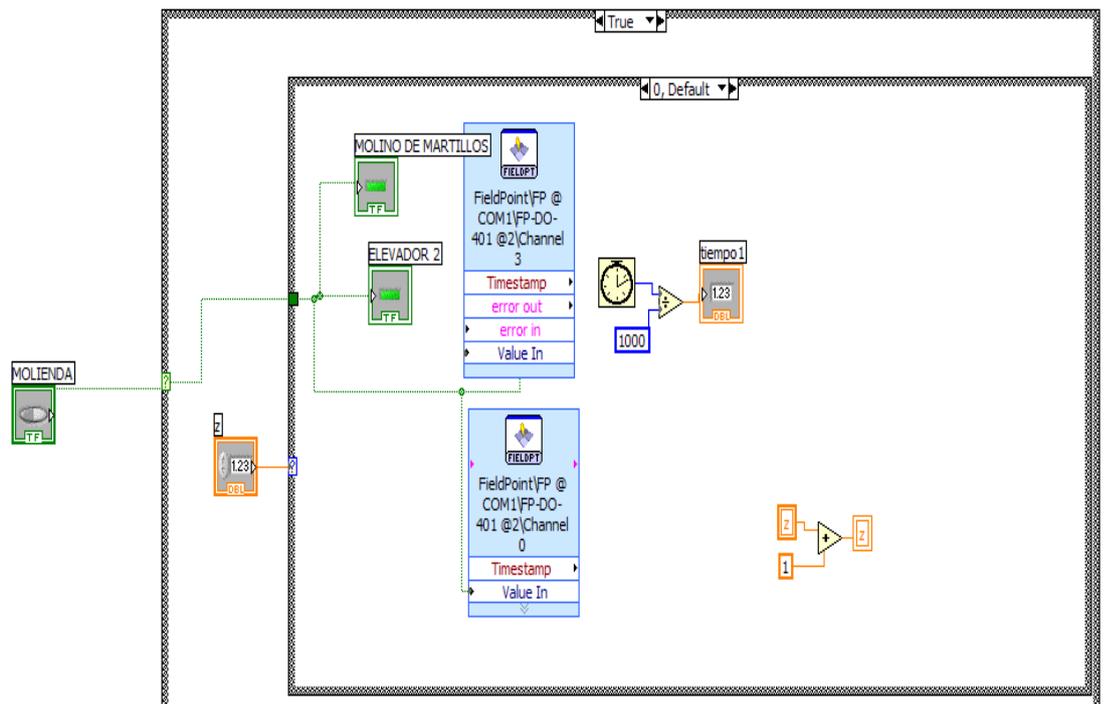


Figura 3.9 Diagrama de Bloques del proceso de molienda cuando $z=0$

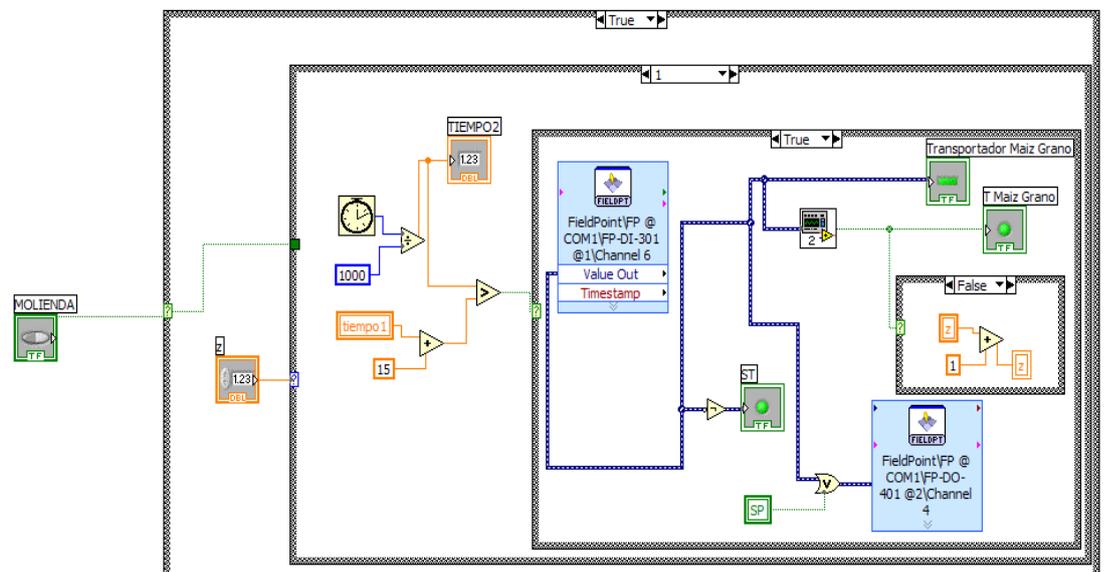


Figura 3.10 Diagrama de Bloques del proceso de molienda cuando $z=1$.

Si el sensor de la tolva de maíz esta False, hace que $z = 2$, aquí se genera una espera del programa de 120 seg, para tener menos arranques continuos del motor del transportador de maíz en grano.

En la Figura 3.11 se muestra el diagrama de bloques para un valor de $z=2$.

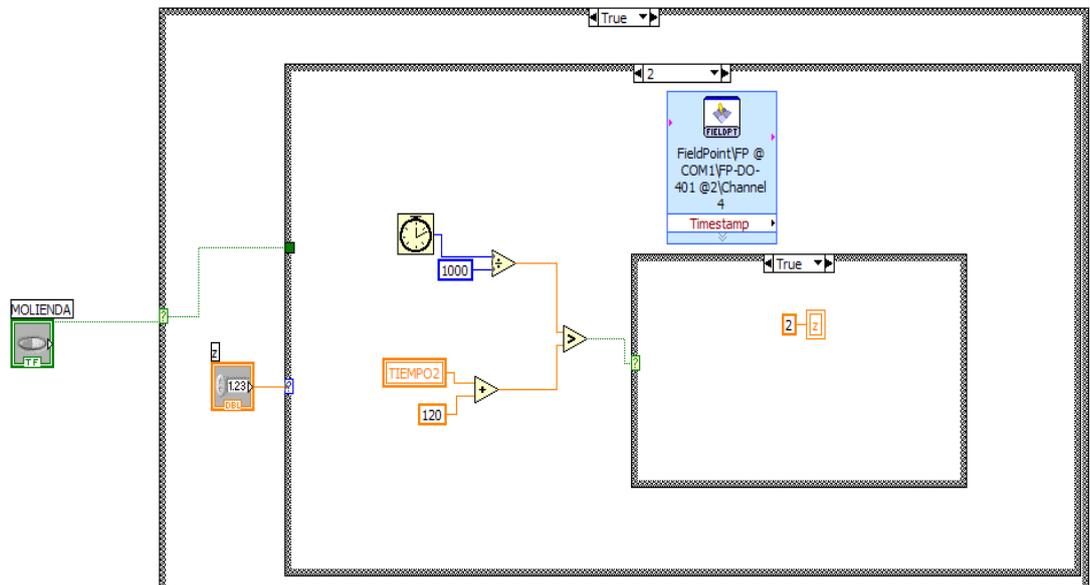


Figura 3.11 Diagrama de Bloques del proceso de molienda cuando $z=2$

Finalmente transcurrido el tiempo z vuelve a ser igual a uno, regresando a realizar las acciones que ya se explicaron, hasta que MOLIENDA tome un valor de False y apague todo el sistema.

Para simular el nivel de las tolvas de maíz en grano se utilizan 3 slides, los cuales van acompañado de un lazo For que se encuentran dentro de una estructura CASE con un tiempo de muestreo de 100 milisegundos, simulan el aumento o disminución de carga de las tolvas.

En la Figura 3.12 se muestra el diagrama de bloques para el control de los slides.

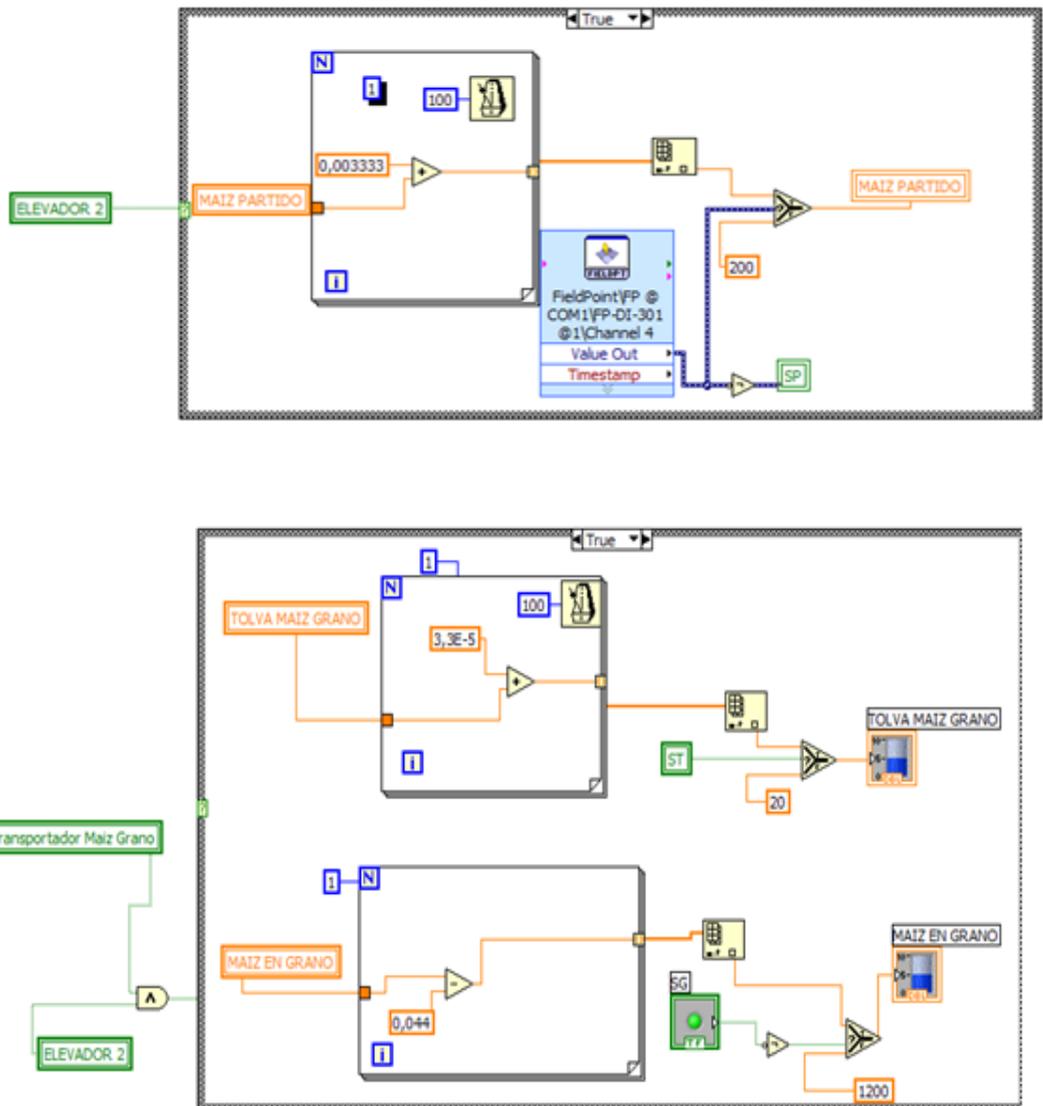


Figura 3.12 Diagrama de Bloques de simulación de carga de las tolvas.

3.3.2 Control del proceso de Dosificado

En el proceso de dosificación intervienen variables que son ingresadas por el usuario para comparar con el valor que se adquirió del indicador digital de las celdas de carga, las variables mas importantes se mencionan a continuación.

Actuadores

Motor Maíz Partido

Motor Soya

Motor Afrecho

Motor Polvillo

Motor Harina de Pescado

Motor Carbonato de Calcio

Variador 1

Variador 2

Puerta Tolva

Puerta de la Mezcladora

Sensores

Celdas de Carga

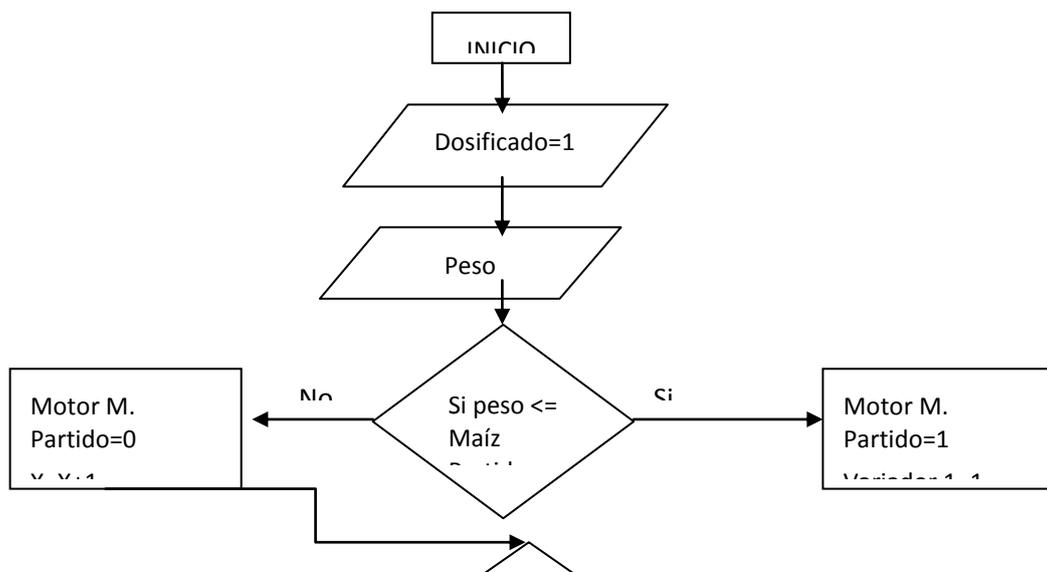
Sensores Capacitivos de cada Tolva.

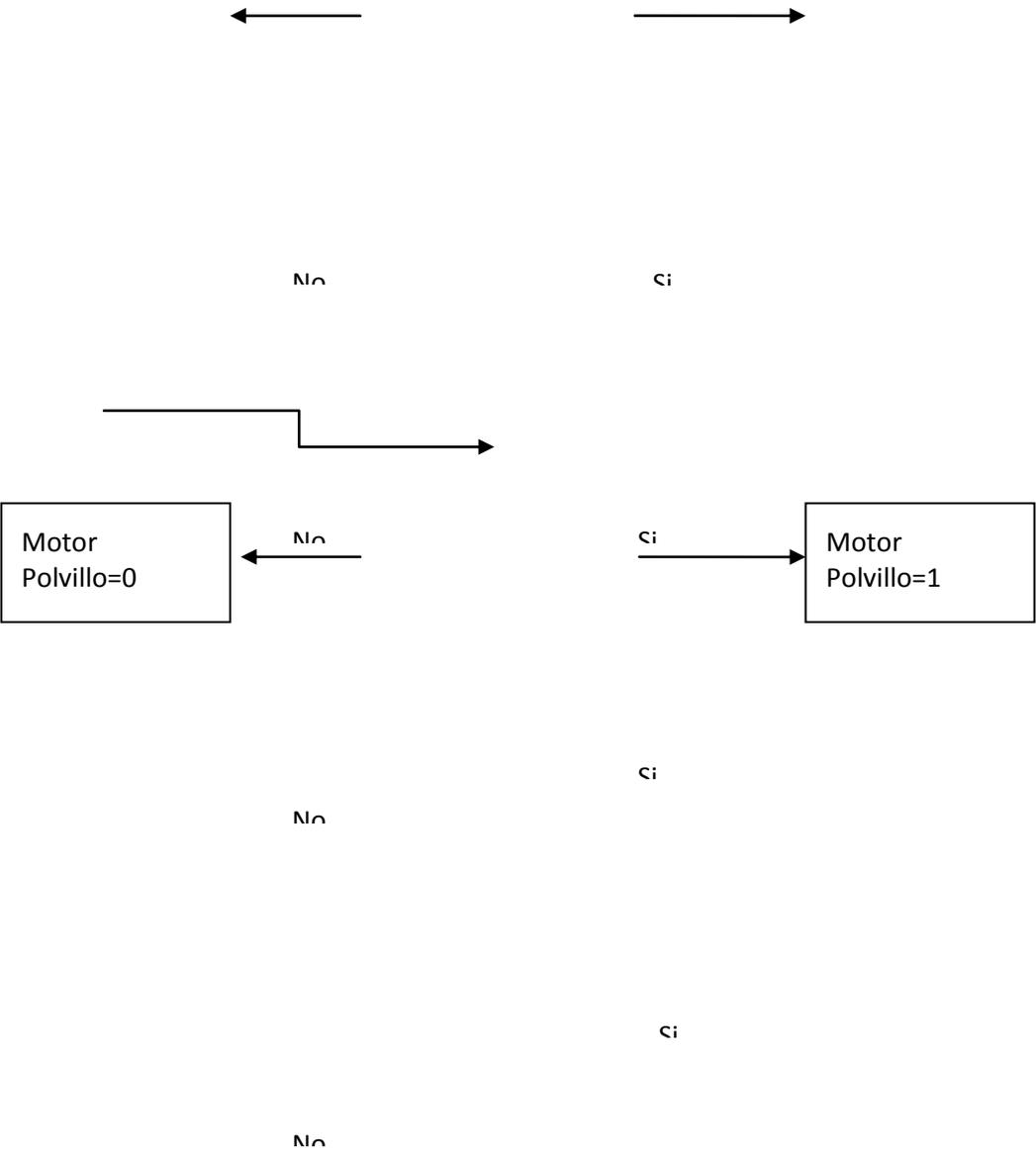
Variables definidas por el usuario

Numero de Toneladas a Producirse

Cantidades de Productos que intervienen en la formulación

En la Figura 3.13 se muestra el diagrama de Flujo para el proceso de Dosificación.





(Continua...)

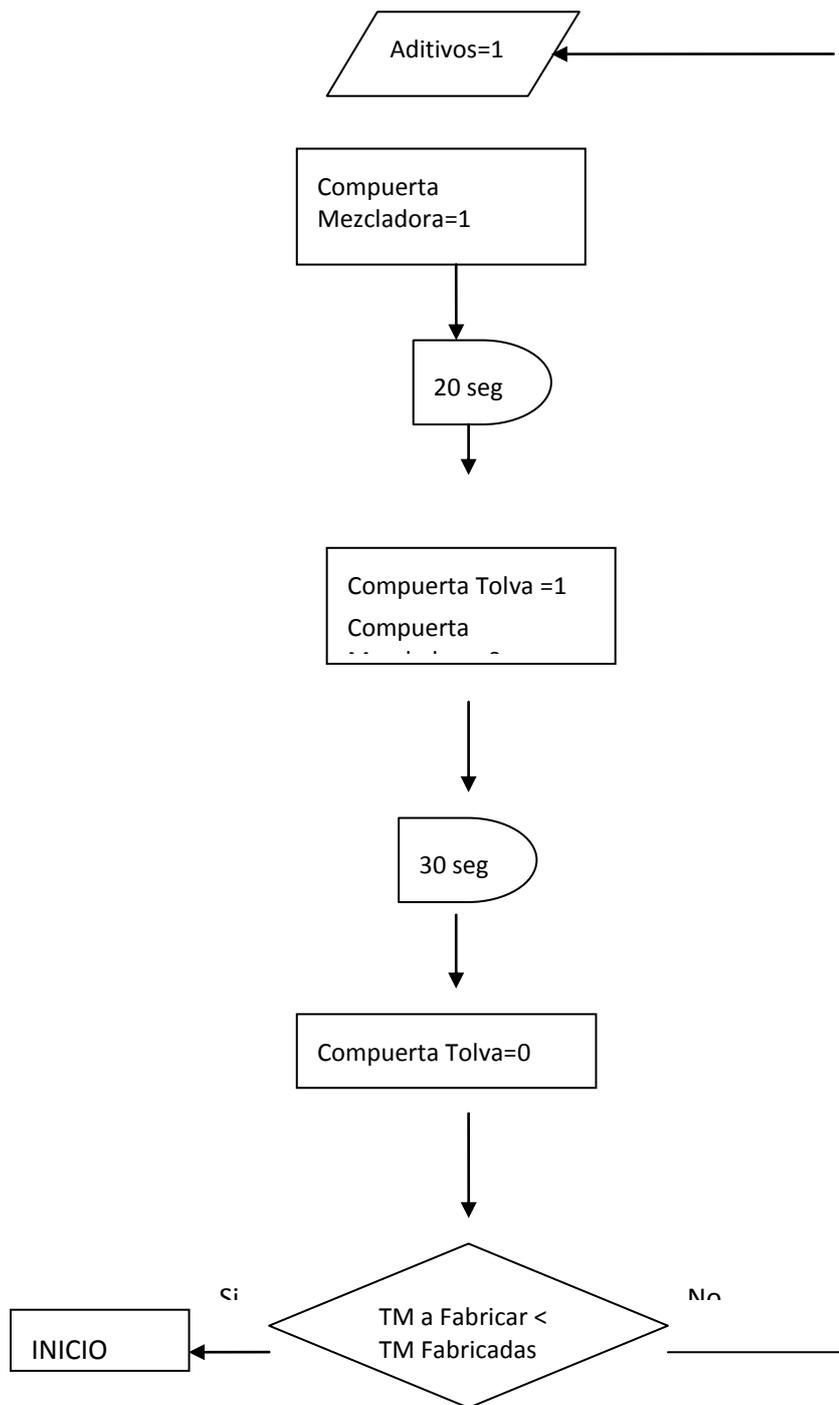


Figura 3.13 Diagrama de Flujo del Proceso de Dosificación

El proceso de dosificado arranca con la lectura del puerto serial para la obtención del peso del indicador digital.

En la Figura 3.14 se muestra el Diagrama de Bloques de la adquisición de datos por el puerto serial y la conversión del dato string a un valor numérico.

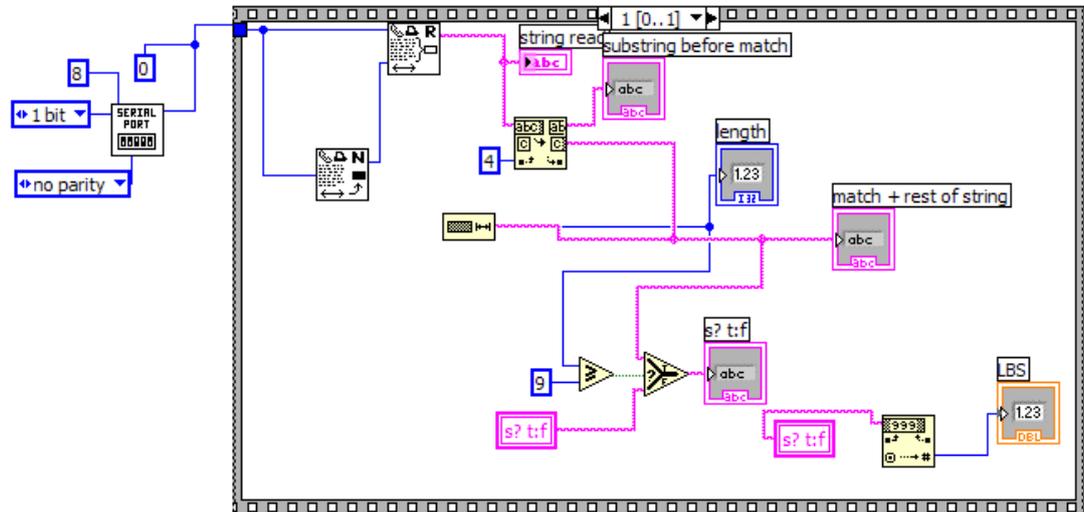


Figura 3.14 Diagrama de Bloques de lectura del puerto serial

Una vez obtenido el peso, se filtra para tomar solo los datos numéricos y no los ceros, quedando guardado en el indicador numérico denominado peso.

En la Figura 3.15 se muestra el diagrama de bloques, cuando el botón de DOSIFICADO toma el valor de True.

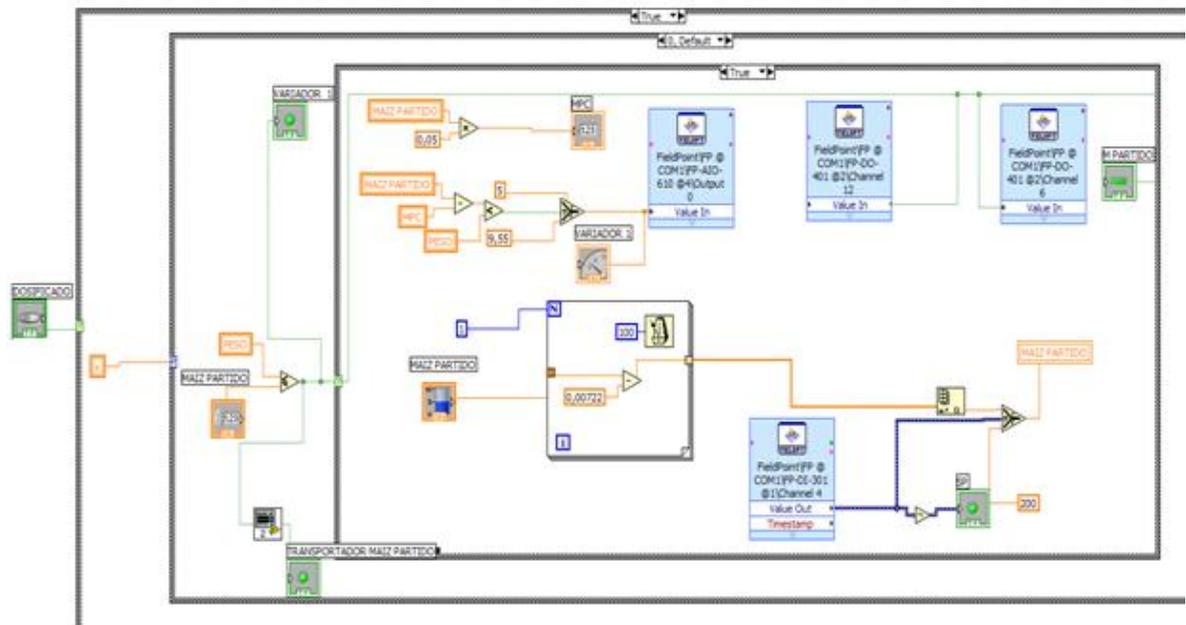


Figura 3.15 Diagrama de Bloques, cuando botón DOSIFICADO=True

Entonces se hace la comparación con la cantidad ingresada por el usuario, con el comparador booleano menor o igual, para ir a la estructura CASE, si ésta es verdadera se enciende el motor de maíz partido, el variador 1 y la salida analógica es activada.

La salida analógica toma el valor del selector hasta cuando el peso del producto que esta subiendo a la tolva es menor en un 5% al valor total; en ese momento el variador toma un valor más bajo para tener un control más fino de la cantidad de producto en la tolva.

La estructura For simula el vaciado de la tolva e indica el valor en su respectivo slide.

Para los 5 ingredientes que restan, los diagramas de bloques son similares cambiando únicamente los porcentajes, para variar el voltaje en la salida analógica.

En la Figura 3.16 se muestra el diagrama de Bloques para cuando la estructura CASE toma un valor de False.

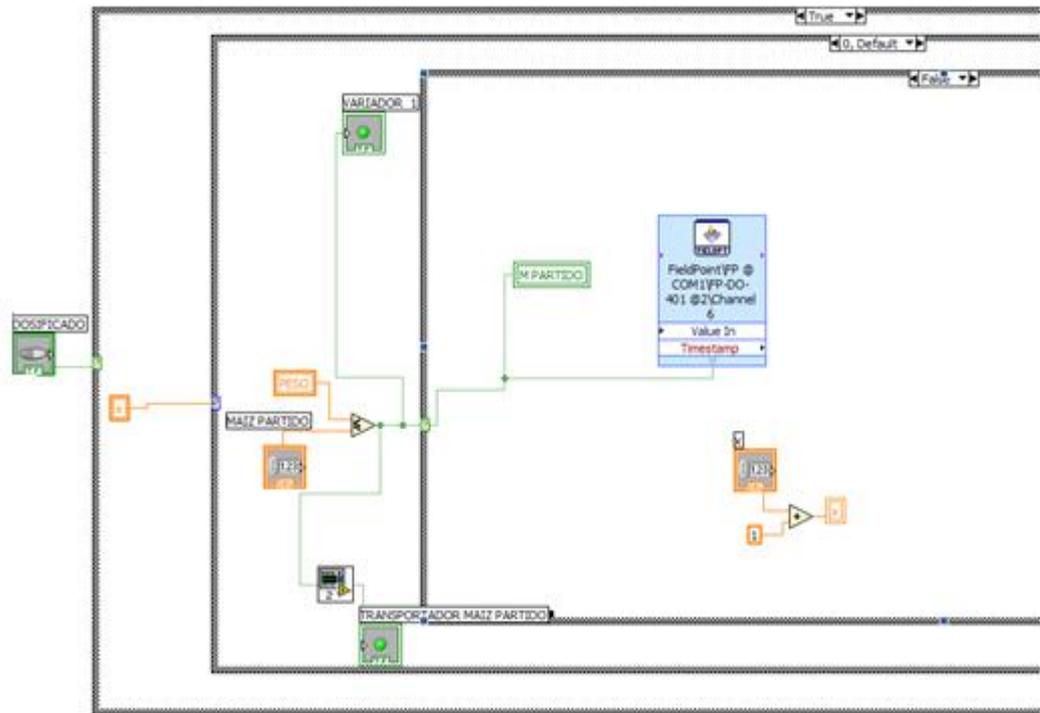


Figura 3.16 Diagrama de Bloques cuando estructura CASE es False.

Cuando el comparador booleano marca False, se desactiva el motor de maíz partido y el control numérico “x” aumenta en 1; pasando el selector CASE a la posición 1, en este CASE se encuentra el diagrama de bloques de soya.

Cuando el selector de carbonato de calcio indica un valor de False, se carga en x un valor de 6, el mismo que ejecuta el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 3.17

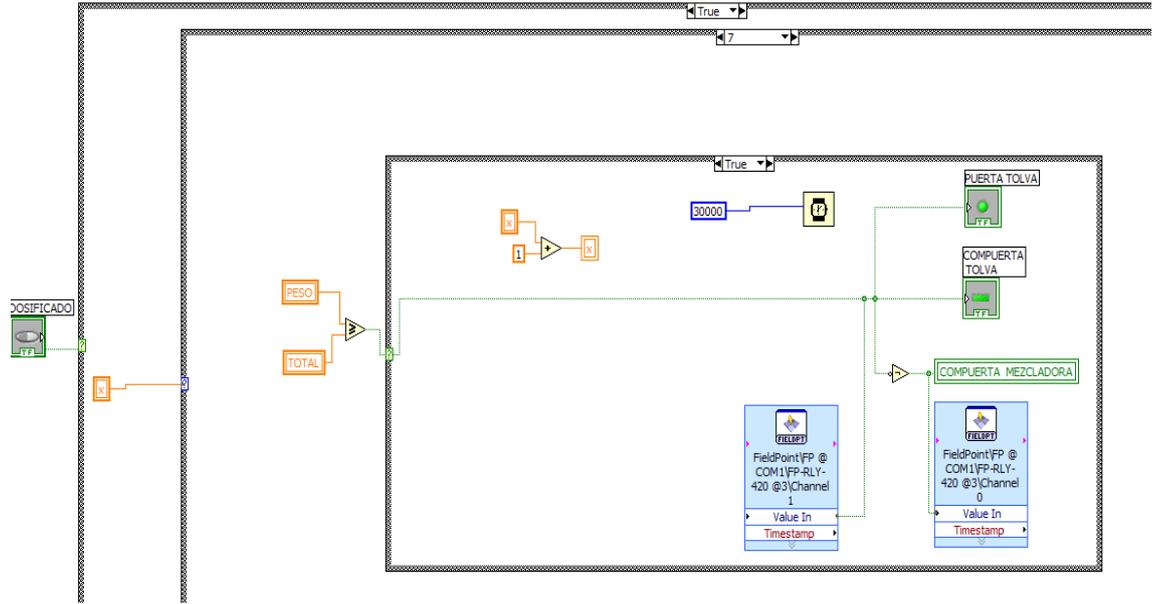


Figura 3.18 Diagrama de Bloques cuando x=7

Si el indicador PESO, tomado del puerto serial, es mayor que la suma de todos los ingredientes, se cierra la puerta de la mezcladora y se apertura la puerta de tolva de pesaje por un tiempo de 30 segundos y “x” toma un valor de 8.

En la Figura 3.19 se muestra el diagrama de Bloques para cuando la estructura CASE toma un valor de 8.

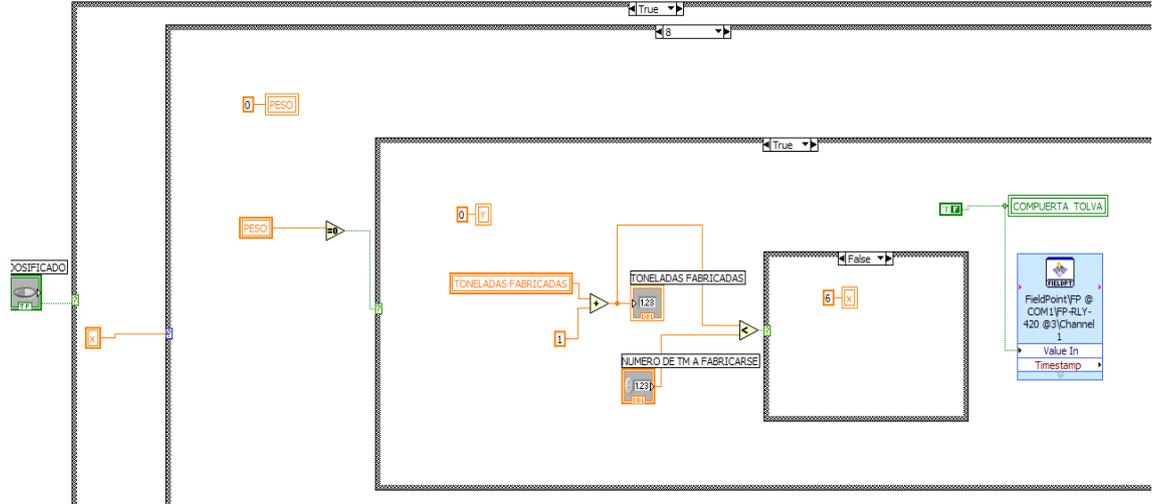


Figura 3.19 Diagrama de Bloques cuando x=8

Aquí se hace el proceso de encerado de la báscula y también se manda a comparar el numero de toneladas producidas con el de a producirse y se hace el cerrado de la tolva de pesaje.

Además para el accionamiento de la mezcladora, elevador 1 y 2, se lo realiza con salidas directas de los controladores booleanos hacia las entradas de los controles FieldPoint como se muestra en la Figura 3.20

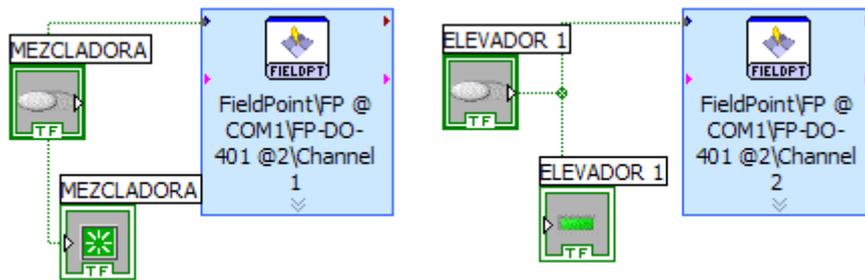


Figura 3.20 Diagrama de Bloques de accionamiento de Mezcladora y Elevadores

3.4 Implementación del sistema de control y monitoreo

3.4.1 Ubicación de Motores

Los motores correspondientes a cada equipo fueron montados en sitios accesibles para un rápido recambio en caso de fallo, la maquinaria se compone de un sistema de 5 motores acoplados a su respectivo reductor, que tienen transmisión al eje del equipo a través de una cadena, los 6 motores restantes manejan transmisión por polea y banda, solamente en el caso del molino de martillos se tiene un acoplamiento directo al eje.

Los motores de mayor tamaño que son el de 20 hp que esta acoplado al molino y el de 15 hp de la mezcladora que esta conectado a su reductor, se encuentran en el subterráneo de la planta de alimentos balanceados.

En la Figura 3.21 se muestra el Motor de la Mezcladora, el mismo que se encuentra bajo el piso del subterráneo de la planta, hay que destacar que el piso que se encuentra alrededor de la mezcladora es de tipo removible para un rápido acceso hacia el motor.



Figura 3.21 Ubicación del Motor de la Mezcladora

Cada uno de los transportadores que alimentan a la tolva dosificadora tienen su entrada en la parte inferior de las tolvas de almacenamiento, los de mayor longitud tienen colocados sus motores en cerca de la salida del transportador, esto se debió al reducido espacio que se tenía entre los silos de almacenamiento y el piso de la planta.

Los 4 transportadores que tienen el conjunto de tolvas, llevan sus motores cerca de la entrada del producto, esto debido a que el espacio a la salida es muy reducido, ya que el conjunto de transportadores se reúnen en el centro de la tolva de pesaje.

En la Figura 3.22 se muestra la ubicación de los motores que empujan el polvillo y la harina de pescado hacia la tolva de pesaje.



Figura 3.22 Ubicación de Motores de Polvillo y Harina de Pescado

En la Figura 3.23 se observa la ubicación del motor y reductor del transportador de Carbonato de Calcio, la razón por la que se colocó este motor fue el alto peso específico de este producto; ya que si se le da una velocidad de rotación elevada el desgaste del tornillo es alto.



Figura 3.23 Ubicación del Motor del Transportador del Carbonato de Calcio

Los motores de los elevadores están colocados afuera de la planta de alimentos balanceados, y están en la cabeza de los elevadores de cangilones.

En la Figura 3.24 se muestra la ubicación del motor y reductor del Elevador 2.



Figura 3.24 Ubicación del Motor del Elevador de Cangilones

3.4.2 Ubicación de Cilindros Neumáticos

La planta de alimentos balanceados cuenta con dos cilindros neumáticos de doble efecto, que son los encargados de abrir las puertas de la mezcladora y la tolva de pesaje para su vaciado.

En la Figura 3.25 se muestra el cilindro de doble efecto que tiene la tolva de pesaje, este cilindro tiene entradas de aire de 1/8, las mangueras que alimentan tienen un diámetro de 6mm.



Figura 3.25 Cilindro Doble Efecto de la Tolva de Pesaje

En la Figura 3.26 se muestra el cilindro que acciona la compuerta de la mezcladora por un mecanismo mecánico, este cilindro esta acoplado a un costado de la tolva de predespacho, hay que tener cuidado de que la tolva de predespacho no quede con una cantidad de producto terminado mayor a 1,5 TM ya que si esto sucede podría a causar atascamientos o daños al sistema de accionamiento mecánico de esta compuerta.



Figura 3.26 Cilindro Neumático de la Puerta de la Mezcladora

El cilindro de la puerta de la mezcladora esta provisto de racors de $\frac{1}{4}$, los cuales se conectan a través de una manguera de 10 mm hasta el tablero donde se encuentran las electroválvulas.

3.4.3 Ubicación de Sensores

Se ubicaron sensores de nivel capacitivos únicamente con el propósito de confirmar el llenado de las tolvas y silos de almacenamiento, por lo que éstos fueron ubicados en la parte superior de cada una de las tolvas.

En la Figura 3.27 se muestra la ubicación del sensor capacitivo en los silos de almacenamiento.



Figura 3.27 Ubicación del Sensor Capacitivo en el silo de Almacenamiento

La razón por la que no se colocan los sensores en la parte superior; es decir en el cono, es que el material no se llena a un mismo nivel, siempre se forma un cono invertido, por lo que el sensor se lo colocó a 30 cm del filo de la pared.

Las celdas de carga se colocaron simétricamente sobre los costados de la tolva de pesaje, las celdas debieron ser colocadas a nivel para que la fuerza aplicada se uniformemente distribuida hacia las cuatro.

En la Figura 3.28 se muestra la ubicación de las celdas de carga en la tolva de pesaje.



Figura 3.28 Ubicación de las Celdas de Carga

3.4.4 Ubicación de Tableros

Para la ubicación de los tableros de potencia y control, se construyó una cabina de mando cerrada, en la cual se ubican el tablero principal y el de control, la razón para que la cabina de mando sea cerrada son los elementos que se suspenden en el aire (partículas de polvo) durante el proceso de producción de alimentos balanceados.

En la Figura 3.29 se muestra la cabina de mando

A la entrada de la cabina de mando se encuentra ubicado el tablero principal, a éste llega el suministro de energía proveniente de la red exterior, este tablero se encuentra a 30 cm de la pared para tener un rápido acceso por los cuatro lados a los componentes instalados en su interior.



Figura 3.29 Cabina de Control

En la Figura 3.30 se muestra el tablero principal dentro de la cabina de mando.



Figura 3.30 Tablero Principal

A un costado del tablero principal esta ubicado el tablero de control, la razón de no ocupar un mismo tablero, fue evitar ruidos de la red eléctrica que afecte la señal proveniente de los sensores, en este tablero están ubicados los módulos FieldPoint, su fuente de alimentación y los relés para el acoplamiento de señales.

En la Figura 3.31 se muestra el tablero de control

En el exterior y en contacto con el operario de la maquinaria se encuentra el tablero de confirmación de puesta de aditivos.

En la Figura 3.32 se muestra la imagen de este tablero, el cual tiene un conjunto de selectores de posición, los cuales sirven para el accionamiento manual de las electroválvulas que se encuentran dentro del mismo.



Figura 3.31 Tablero de Adquisición de Datos

Este tablero cuenta con un pulsador y luz indicadora de que los aditivos ya fueron añadidos al batch en preparación.

Para casos de Emergencia cuenta con un pulsador tipo hongo con enclavamiento y luz indicadora, en caso que se necesite el paro total de la planta; esto no afecta el control de dosificación de ingredientes cuando se reinicie el proceso.

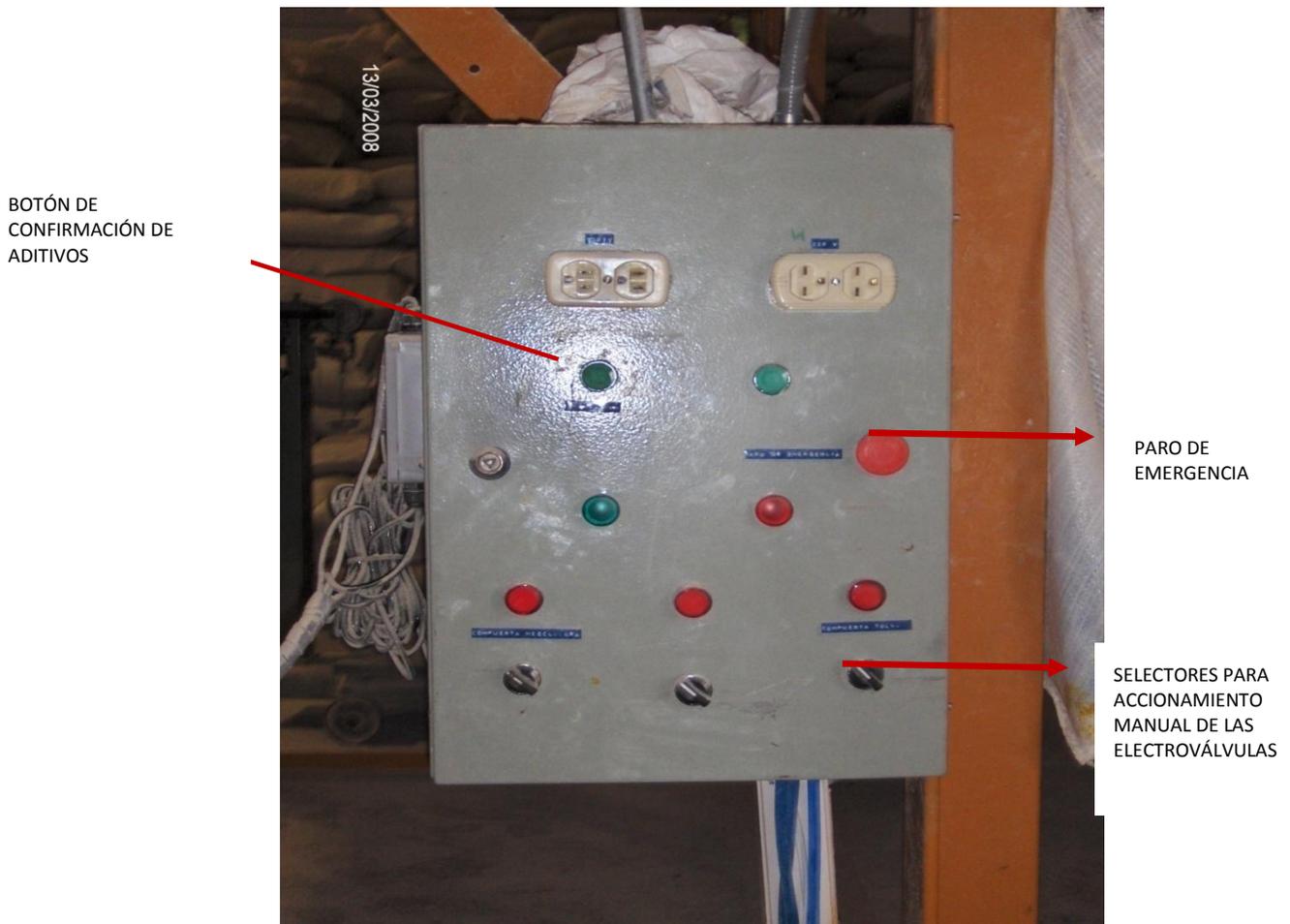


Figura 3.32 Tablero de Confirmación de Aditivos

Este tablero a mas de los controles antes indicados cuenta con dos tomacorrientes en caso de necesitarse conectar equipos auxiliares a la planta de alimentos balanceados, como son las cosedoras de sacos o equipos utilizados para el mantenimiento de la maquinaria.

En el interior de este tablero están colocadas las electroválvulas para el control de los cilindros neumáticos.

En la Figura 3.33 se muestra el interior del tablero de confirmación de aditivos.

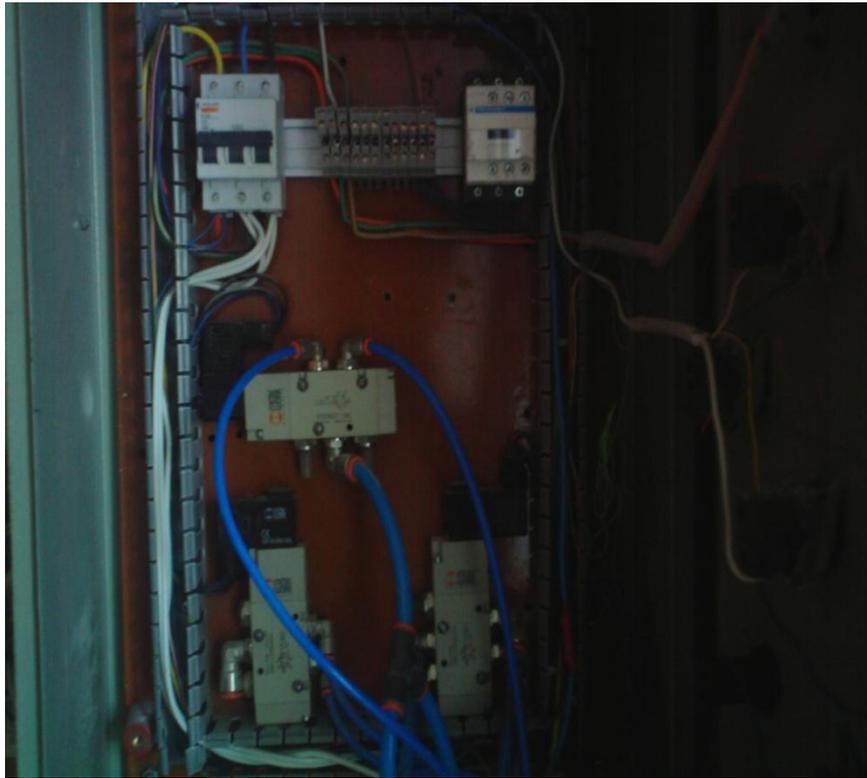


Figura 3.33 Vista interior del tablero de Confirmación de Aditivos

CAPITULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Pruebas totales del sistema de elaboración de producto.

4.1.1. Pruebas de los dispositivos de comunicación.

La comunicación entre los módulos FieldPoint y el PC es de tipo serial, el módulo de red se conectó al puerto serial COM2, el tiempo de muestreo se incrementa solo si la longitud del cable de comunicación es grande.

El módulo de red FP-1000 se configuró de la manera que se indica a continuación:

- Baud rate: 115200
- Bits de Datos: 8
- Parity: no
- Bits de Parada: 1

- Timeout: 250 ms

Dando como resultado una comunicación exitosa y sin fallas.

Se hicieron las pruebas de adquisición de datos de LabView a través del puerto serial COM1, el mismo que es el encargado de adquirir los datos del indicador digital.

Para esta prueba se configuró al indicador digital en modo de programación y se setearon los parámetros de transmisión de datos que se indican a continuación:

- Baud rate: 9600
- Data bits and parity: 8n
- Modo de Transmisión serial: "C" (continua)
- Disable the lb/kg key: 0
- Serial port mode: Full Duplex

Dando como resultado una comunicación exitosa y sin fallos; y evitando el cambio de unidades de medida desde el panel del indicador digital.

4.1.2. Pruebas de la Báscula.

Para las pruebas de la báscula se necesitaron de pesos patrón, los mismos que no debieron ser menores al 1% de la capacidad total de la báscula.

Se inició colocando la báscula en modo de programación el primer paso que se realizó es la calibración del cero; para esto hay que asegurarse que no existan elementos sobre la tolva antes de guardar el valor.

El siguiente paso fue calibrar el span, para lo cual se colocaron los pesos patrón en el interior de la tolva y se ingreso el valor de los éstos a través del teclado del indicador digital, como la calibración fue exitosa se pudo observar en pantalla el mensaje "End C1".

Como un tercer paso y para comprobar que la báscula esta trabajando hasta su capacidad máxima, se realizo pruebas con un peso igual a 2500 lbs, siendo exitosa la toma de datos durante el proceso de carga.

4.1.3. Pruebas de Arranque de Motores con Carga.

El arranque de motores con carga es esencial cuando se usa el paro de emergencia; esto ocurre rara vez en la planta, pero éstos deben ser capaces de reiniciar la producción bajo carga.

Se hizo algunas pruebas de arranque bajo carga, siendo exitosas en los motores que componen el proceso de dosificado, no así en el proceso de molienda, en el cual se presentaron algunos problemas principalmente con el motor del molino de martillos debido a su acoplamiento directo, por lo que este motor no se pudo arrancar bajo carga, para el re arranque se debió desmontar las cribas que lleva este y retirar el material ubicado en la cámara de molienda.

4.1.4. Pruebas de Hardware de Sistema de Control.

Antes de iniciar con el control final se implementó un VI para realizar pruebas de respuesta y encendido de motores; en la Figura 4.1 se muestra el VI usado para estas pruebas.

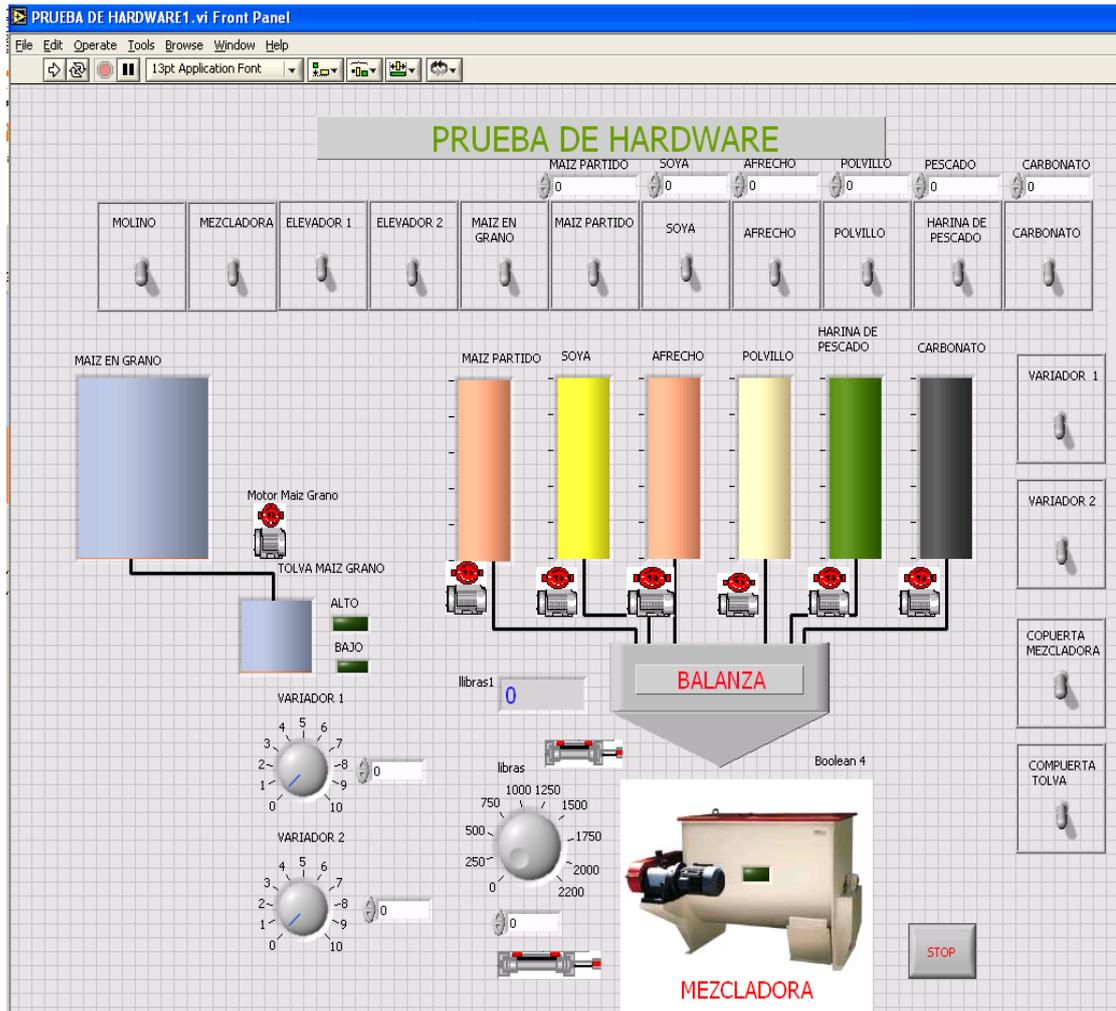


Figura 4.1 VI utilizado para las pruebas de Hardware

Con este VI se fue encendiendo uno a uno los motores que están conectados al módulo DO – 401, esto nos sirvió para determinar que no existían fallas de cableado para este módulo.

Usando los controles booleanos de este VI, se hicieron pruebas de apertura y cierre de compuertas neumáticas, sin existir problemas en los tiempos de respuesta del módulo RLY- 420.

Para comprobar los voltajes dados por las salidas analógicas del modulo AIO- 301 se utilizaron 2 controles numéricos “Dial” con los cuales se midió el voltaje a la salidas analógicas, obteniendo como resultado un voltaje correcto.

Al sistema de pesado se le hizo una re calibración luego de instalado, ya que al cable original se le hizo una extensión para poder tener dentro del cuarto de mando al indicador digital, esta extensión no causo problemas de ruido.

Antes de conectar los sensores capacitivos al FieldPoint de entradas digitales, se tomó mediciones de los voltajes de entrada; para pruebas de funcionamiento de hardware de estos sensores no fue necesaria la implementación de un VI; ya que al conectar cada sensor, el led indicador de la entrada se enciende o apaga.

4.2. Pruebas para encontrar los tiempos de ejecución óptimos

Se hicieron pruebas de tiempos de elaboración de productos, éstos no pueden superar un rendimiento de 12 TM por hora, ya que el tiempo de mezclado para una mezcladora horizontal esta generalmente entre cuatro y cinco minutos.

Se hicieron pruebas para regular las puertas de alimentación de los transportadores helicoidales para que trabajen a plena carga sus motores y arrastren o empujen el material en el menor tiempo posible, a partir de estas pruebas se llegó a concluir que los motores de 2hp trabajaban con cualquier regulación de compuerta; mientras que los de 3 hp por la longitud mayor de sus transportadores, necesitaban una regulación para evitar sobrecargas.

Para colocar el tiempo de apertura y cierre de compuertas se hizo una toma de tiempos referenciales de vaciado de la tolva de pesaje y la mezcladora, tomando un tiempo de 20 seg para un vaciado total de la cámara de mezclado y de 30 seg para el vaciado de tolva de pesaje.

En lo que se refiere a la regulación de velocidad de los tornillos de dosificado, se observó que si se necesitaba obtener una mayor precisión en el pesado, ésta representaba un alto tiempo de dosificado por lo que se dió un margen de error de hasta el 4% del peso total, con el que se obtuvo un tiempo promedio de llenado de la tolva de 6 minutos.

A estos 6 minutos hay que sumar los tiempos de vaciado de la mezcladora y tolva de pesaje, resultando un tiempo de 6 minutos 50 segundos en la elaboración de una tonelada métrica de alimento.

4.3. Pruebas de funcionamiento del sistema con los diferentes tipos de dietas alimenticias.

Se realizó pruebas para algunos tipos de dietas alimenticias, en la cual se determino que el tiempo de elaboración para cada dieta es diferente, debido a la variación de las cantidades que la componen y sus densidades.

Se hicieron pruebas de funcionamiento para los diferentes tipos de dietas alimenticias obteniendo un rendimiento óptimo.

Además se realizó pruebas de funcionamiento con media TM; en este caso el rendimiento de la planta se redujo notablemente sobretodo en el mezclado, ya que al no estar llena la cámara las cintas no arrastraban el material.

Cabe destacar que para realizar un cambio en la formulación de una dieta alimenticia, hay que esperar tener un vaciado total de la tolva de predespacho para evitar contaminaciones entre fórmulas.

4.4. Manual de operación del sistema de elaboración de alimentos.

Se diseño un sistema de fácil manejo para el control de la planta de alimentos balanceados evitando algunos pasos no esenciales.

PASO 1.

Antes de comenzar con el proceso de fabricación se deben llenar las tolvas a su máxima capacidad para que los sensores colocados actualicen la información al control.

PASO 2.

Colocar el selector de tres posiciones que esta en el tablero principal, en modo automático.

PASO 3.

Encender el indicador digital y proceder a encerrarlo pulsando el botón Zero, de la pantalla del indicador.

PASO 4.

En la pantalla principal, para el proceso de molienda, dar inicio desde el botón con este nombre, que se muestra en la Figura 4.2, no es necesario ingresar datos adicionales.

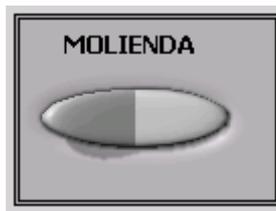


Figura 4.2 Botón de inicio del Proceso de Molienda.

PASO 5.

Para dar inicio al proceso de dosificado, primero especificar las cantidades de cada producto que será mezclado, en los controladores numéricos que se muestran en la Figura 4.3, estos valores deben estar siempre dados en libras.

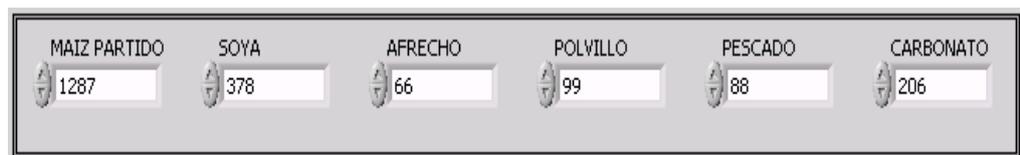


Figura 4.3 Controladores numéricos para el ingreso de Datos

PASO 6.

Especificar el número de toneladas a fabricarse en el control numérico que se indica en la Figura 4.4

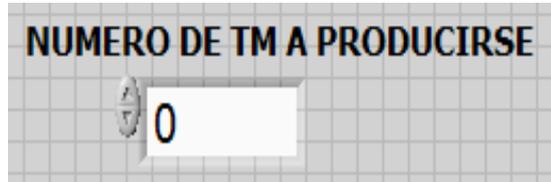


Figura 4.4 Control numérico para el ingreso de las TM a fabricarse.

PASO 7.

Una vez completados y revisados los datos, pulsar el botón DOSIFICADO que se muestra en la Figura 4.5 para dar inicio al proceso.



Figura 4.5 Botón de Inicio del Proceso de Dosificado

PASO 8.

Cuando el operario encargado de añadir los micro ingredientes esté listo para empezar la producción y el camión para despacho se encuentra ubicado y listo para la recepción del producto terminado, el operario deberá pulsar el botón ADITIVOS , en ese momento el operador del cuarto de mando, deberá activar el botón MEZCLADORA y ELEVADOR 1, como se muestran en la Figura 4.6.



Figura 4.6 Botones de Encendido Mezcladora y Elevador 1

PASO 9.

Una vez terminada la producción del NUMERO DE TM A PRODUCIRSE, el botón de DOSIFICADO se apaga, a continuación el operador del cuarto de mando deberá apagar MEZCLADORA y ELEVADOR 1.

PASO 10.

Si en medio de un proceso de fabricación llega a faltar algún ingrediente en una de las tolvas, el operador del cuarto de mando deberá activar el botón ELEVADOR 2, (Figura 4.7) independientemente del proceso de molienda, para realizar la recarga a la tolva que lo necesite.



Figura 4.7 Botón de encendido del Elevador 2

PASO 11.

Para finalizar los procesos, apagar los botones de DOSIFICADO y MOLIENDA y cerrar la ventana del control.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

5.1 Análisis de inversión del proyecto

5.1.1 Costo de la Implementación del Proyecto

En los costos de implementación del proyecto están considerados únicamente los de la maquinaria, materiales para instalación de equipos y automatización de la planta, no se han tomado en cuenta los costos de obra civil para este análisis.

En la tabla 5.1 se detallan los costos de los equipos utilizados en la implementación de este proyecto.

DESCRIPCIÓN	COSTO
MAQUINARIA	
Molino de Martillos	\$ 3,750.00
Mezcladora Horizontal	\$ 6,100.00
Elevador de Cangilones 1	\$ 7,000.00
Elevador de Cangilones 2	\$ 8,500.00
Transportador Maíz Grano	\$ 1,320.00
Transportador Maíz Partido	\$ 1,200.00

Transportador Soya	\$ 1,050.00
Transportador Afrecho	\$ 300.00
Transportador Polvillo	\$ 450.00
Transportador Harina de Pescado	\$ 450.00
Transportador Carbonato de Calcio	\$ 510.00
EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO	
Silo de Maíz Grano	\$ 1,500.00
Silo de Maíz Partido	\$ 2,500.00
Conjunto de Tolvas	\$ 2,500.00
Tolva de Pesaje	\$ 600.00
Tolva de Pre descargue	\$ 1,500.00
Tolva de Pre molienda	\$ 200.00
EQUIPO DE INSTRUMENTACIÓN	
Celdas de Carga	\$ 850.00
Sensores Capacitivos	\$ 400.00
Tablero Secundario	\$ 110.00
Equipo Field Point	\$ 2,856.00
EQUIPO NEUMÁTICO	
Mangueras	\$ 78.00
Electroválvulas	\$ 400.00
Compresor	\$ 650.00
Tablero de Control Neumático	\$ 45.00
Accesorios de Conexión	\$ 190.00
EQUIPO ELÉCTRICO	
Equipo Eléctrico	\$ 3,945.00
Cables y Aislantes	\$ 1,936.00
OTROS	\$ 2,000.00
TOTAL	52,890.00

Tabla 5.1 Costos de Implementación de la Planta

El costo total de la planta de alimentos balanceados es de \$52,890.00 dólares los mismos que fueron financiados directamente por la empresa y actualmente se encuentran engrosando el activo fijo de ésta.

Los costos de gastos operacionales de Avícola Santa Lucia, en la ciudad de Ambato tenían un valor elevado, el cual incrementaba notablemente el costo del producto terminado.

En la Tabla 5.2 se detallan los costos operacionales de la Antigua Planta

DESCRIPCIÓN	VALOR/TM
Mano de Obra	\$ 8.00
Transportación	\$ 1.00
Mantenimiento y Reparación	\$ 0.50
Gas y Lubricantes	\$ 0.10
TOTAL	\$ 9.60

Tabla 5.2 Gastos Operacionales de la Antigua Planta de Producción

Como se observa en la Tabla 5.2 Avícola Santa Lucia gastaba un valor de \$ 9.60 por TM de alimento balanceado, por concepto de gastos operacionales. En la Tabla 5.3 se muestran los actuales gastos operacionales de la empresa en la fabricación de alimentos balanceados.

DESCRIPCIÓN	VALOR/TM
Mano de Obra	\$ 0.25
Transportación	\$ 0.02
Mantenimiento y Reparación	\$ 0.50
Gas y Lubricantes	\$ 0.10
TOTAL	\$ 0.87

Tabla 5.3 Gastos Operacionales de la Nueva Planta de Producción

Como se puede observar los gastos operacionales sufrieron un considerable descenso en comparación a la Tabla 5.2; la diferencia por TM fabricada es de \$ 8.73 por TM fabricada, este valor multiplicado por el número de toneladas métricas presupuestadas a fabricar en el año 2008 que son 4223, da un ahorro de \$ 34,755.29 en el presente año.

Por lo expuesto anteriormente se determina que la inversión del proyecto se recuperará en un plazo máximo de 2 años.

5.2 Relación de producción con la antigua planta

Avícola Santa Lucia montó su primera planta de elaboración de alimentos balanceados en el año 2001 en la ciudad de Ambato a 30 Km del plantel avícola hacia donde era transportado el producto terminado, a sus inicios esta fábrica trabajaba al 50% de su capacidad. El crecimiento de la población de aves llevó a esta planta a trabajar a su plena capacidad para el año 2007 cumpliendo ya un horario de 8 horas diarias de trabajo, esta planta contaba con los elementos básicos como son: un molino de martillos, una mezcladora vertical y tres transportadores de tornillo.

En la Figura 5.1 se muestra la antigua planta de producción de Avícola Santa Lucia

El principal inconveniente de esta planta era el tiempo de fabricación del producto terminado, ya que no se podían alcanzar rendimientos superiores a 3 TM / h de alimento balanceado fabricado, esto sumado al tiempo de transportación que tomaba el viaje desde la ciudad de Ambato hacia el plantel en el cantón Pillaro y muchas veces los retrasos causados en la programación de los viajes, se llegó a considerar la construcción de una nueva planta de alimentos balanceados.

La nueva Planta de alimentos Balanceados esta ubicada a 1 Km del galpón de producción más alejado, contando con maquinaria de punta, la cual ayudó a mejorar los

tiempos de elaboración del producto, debido a su sistema de dosificación automática el cual puede dar la certeza que se está elaborando un producto con las cantidades de ingredientes exactos.



Figura 5.1 Antigua Planta de Alimentos Balanceados de Avícola Santa Lucía

La nueva planta tiene una capacidad de producción de 9 TM por hora, lo cual supera las expectativas dadas al inicio del presente proyecto. A sus inicios esta planta de producción estará trabajando a un 30% de la capacidad instalada.

Algunas de las ventajas de la nueva planta de alimentos balanceados se indican a continuación:

Ventajas

- Reducción de costos de transportación de producto terminado hacia galpones de producción.

- Mejora de los índices de producción en las granjas.
- Menor contacto físico de las personas con el producto.
- Ahorro de Mano de Obra y tiempo.

5.3 Ventajas y desventajas de la implementación del sistema HMI

5.3.1 Ventajas

- Monitoreo en tiempo real del proceso de fabricación
- Mejoramiento del tiempo de producción
- Obtención de datos Referenciales del nivel de materia prima en tolvas
- Control de inventarios con mayor exactitud
- Control centralizado de todo el proceso de fabricación.
- Interacción con los problemas del proceso de fabricación.

5.3.2 Desventajas

- Contratación de personal capacitado para el manejo de los equipos.
- Pérdida del control por daño de sensores.
- Reparación de daños por personal calificado.
- Falta de repuestos dentro del país.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Al finalizar el presente proyecto en función de los resultados obtenidos, se puede concluir que se han cumplido las metas y objetivos planteados al inicio.
- La fiabilidad de los productos FieldPoint y LabView utilizados en el control fueron excelentes ya que no existieron cortes de comunicación que afecten el funcionamiento de la planta.
- El uso de un arrancador suave para el arranque de Molino fue acertado ya que se evitó corrientes elevadas que en muchos casos pudieron llegar a perjudicar el funcionamiento de los otros equipos.
- Los variadores de frecuencia mostraron que ayudan a tener un control más fino en la dosificación a más de servir de protección para el motor.
- El desarrollo y montaje de este proyecto afirma que con el uso de tecnología nacional es posible abaratar costos que involucran la adquisición de maquinaria de fabricación extranjera.
- Las pruebas de mezclado arrojaron como resultado que un tiempo de 4 minutos es suficiente para tener una mezcla homogénea, pero como el tiempo de llenado es de aproximadamente 6 minutos el mezclado se lo hace en ese tiempo.

- Los equipos llegaron a fabricar un total de 8 TM/hora siendo un rendimiento mayor al propuesto al inicio de este proyecto.
- El proyecto ha reflejado mejoras en los índices de producción de ponedoras sobre las 50 semanas de vida.
- El ángulo de inclinación dado al sistema de cuatro tolvas no fue el más indicado para el manejo de este tipo de productos ya que existen muchos problemas de compactación de la materia prima.
- El producto final en los diferentes tipos de dietas alimenticias se encuentra en el margen de error dado, esto no afecta directamente al contenido nutricional de la fórmula.
- Con el uso de LabView se tuvo un sistema flexible y dinámico a los continuos cambios que se dan en las cantidades de productos utilizados en la fabricación; estos cambios se dan especialmente por el tema de precios.
- El proyecto implementado con un correcto programa de mantenimiento tiene una vida útil garantizada de 10 años de vida.

6.2 Recomendaciones

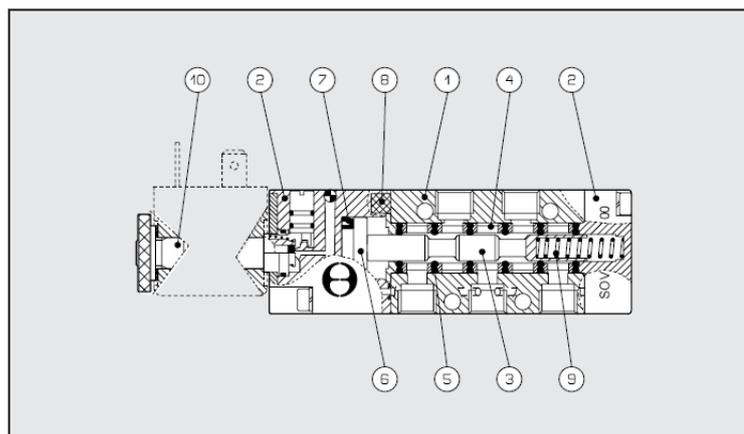
- La utilización de LabView como software de control y monitoreo de procesos alimenticios avícolas no fue adecuado; ya que no dispone de librerías propias, relacionadas con productos alimenticios avícolas; se recomienda otro software que preste mayores facilidades de visualización del proceso.
- Se recomienda usar FieldPoints por su alta fiabilidad en la adquisición de datos.
- A futuro se puede desarrollar el control en Lookout para tener una mejor interfaz grafica y usar los mismos FieldPoints.
- Para mejorar la calidad del producto final se debe instalar sistemas automáticos de dosificación de microingredientes, esto con el objetivo de que la planta sea completamente automática.
- Se recomienda a la empresa comenzar con el estudio de la producción de producto peletizado para dar un mayor tiempo de durabilidad al balanceado.
- Se recomienda la instalación de sensores ultrasónicos en el almacenamiento de materia prima para tener un sistema exacto de nivel de productos almacenados.

- Para el proceso de peletizado y empaque del producto se recomienda la construcción de una planta de envasado adicional.
- Se debe mejorar las cantidades de producto almacenado en silos para evitar pérdidas en tiempos de producción.
- Se recomienda montar silos de almacenamiento de producto terminado para no existan paras en la producción cuando el vehículo salga a distribuir en los galpones de producción.
- Se debe pensar en ampliar la granja de producción para obtener un menor tiempo de recuperación de la inversión.
- Hacer un estudio de mercado para la venta del alimento balanceado al público en general debido a la sobreproducción que genera la planta para el autoconsumo.
- Es recomendable usar este sistema en otras empresas ya que por su bajo costo y su alto rendimiento de producción, el tiempo de recuperación de la inversión se puede considerar como mínimo.

ANEXOS

COMPONENTES

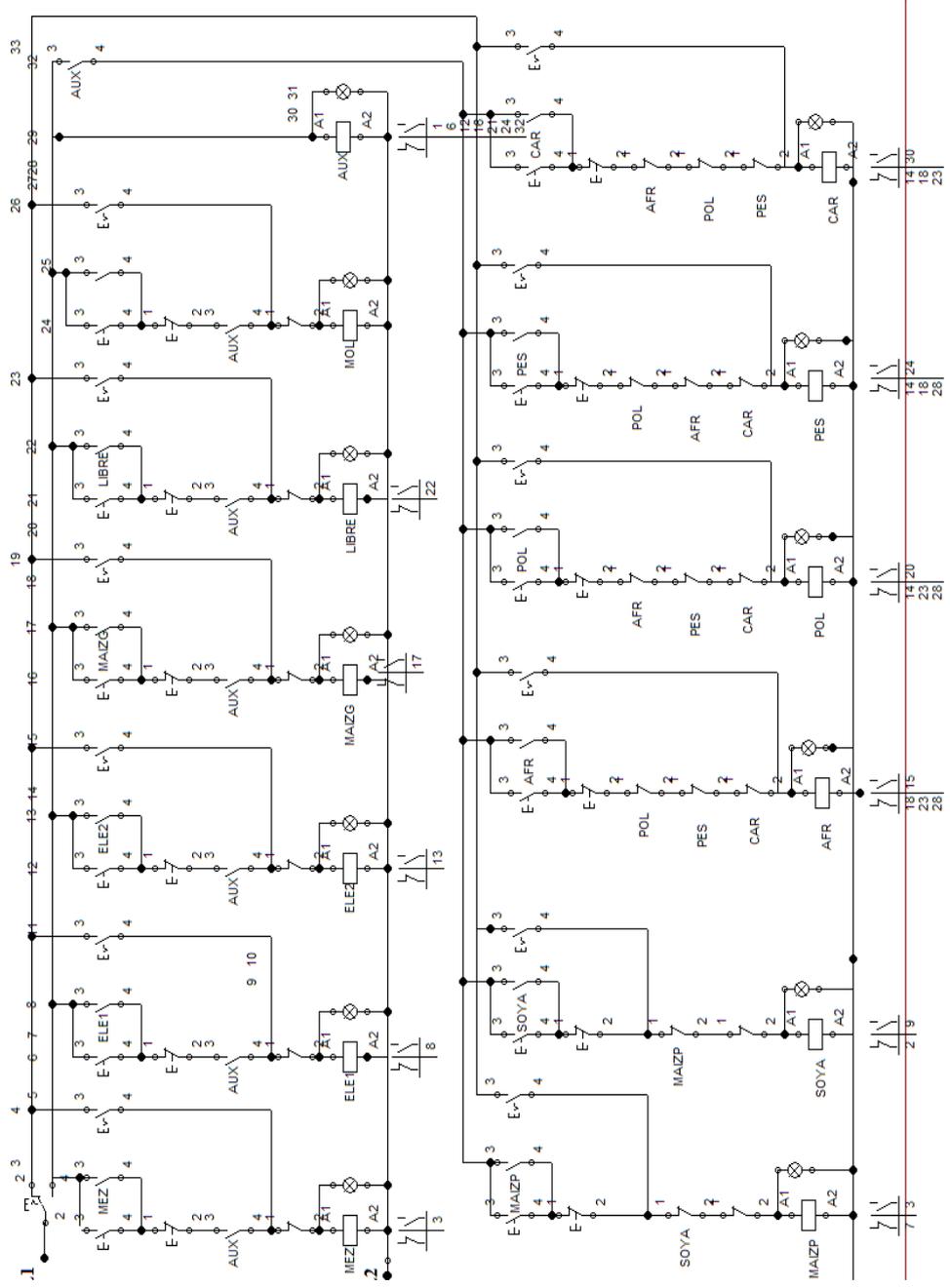
- ① CUERPO VALVULA: aluminio
- ② MANDO/CASQUILLO: HOSTAFORM®
- ③ CORREDERA: aluminio niquelado químicamente
- ④ DISTANCIADORES: material plástico
- ⑤ JUNTAS: caucho nitrílico NBR
- ⑥ PISTON: HOSTAFORM®
- ⑦ JUNTAS PISTÓN: caucho nitrílico NBR
- ⑧ FILTRO: bronce sinterizado
- ⑨ RESORTE: acero especial
- ⑩ OPERADOR: tubo de latón-núcleo de inoxidable



ANEXO B

DIAGRAMA DE CONTROL

1-1





The TI-500E is an NTEP approved digital indicator housed in a durable black ABS enclosure. It is equipped with a large easy to read 0.6" LED display. Capable of powering up to 4-350Ω load cells, this simple device can handle a multitude of functions. A full duplex RS-232 port can transmit data on demand or continuously to match the input requirements of a wide variety of peripheral devices including printers, remote displays and computers. The setup and calibration parameters are shared with other TI series indicators for consistently easy and trouble free use and maintenance. The TI-500E is the leader in reliable performance and value.



TRANSCCELL TECHNOLOGY, INC.

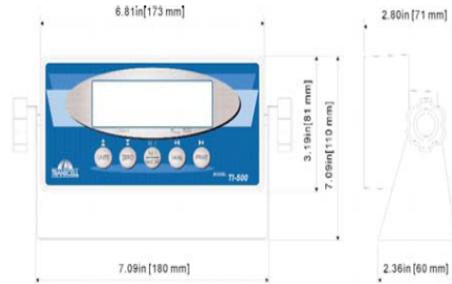
STANDARD FEATURES & BENEFITS

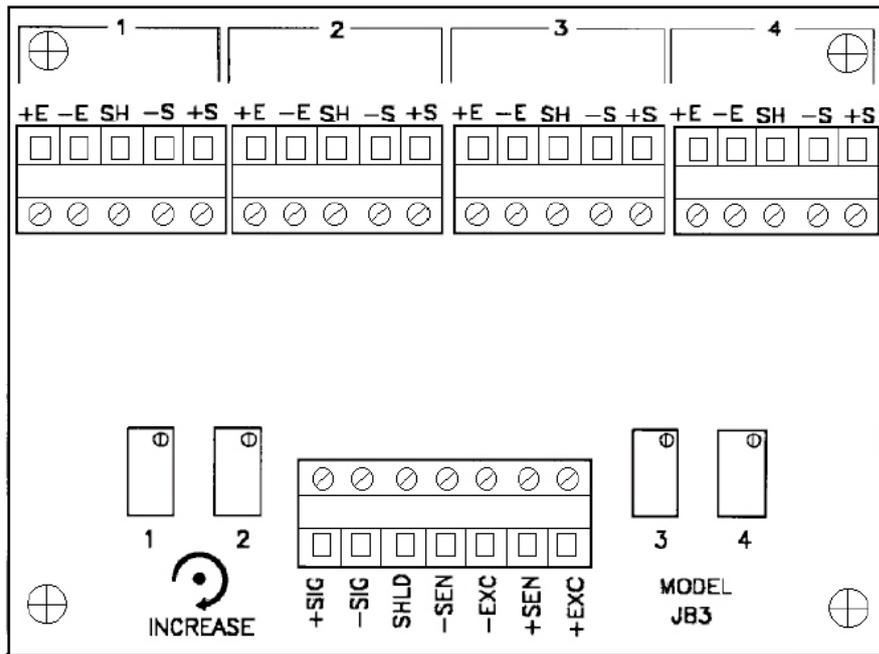
- ▷ High Quality / Low Cost
- ▷ NTEP Approved for 5,000 Divisions
- ▷ ABS NEMA 12 Enclosure
- ▷ Full Duplex RS-232 Serial Port
- ▷ Simple Piece Counting Function
- ▷ Displays up to 50,000 graduations
- ▷ Drives up to four 350Ω Load Cells
- ▷ Full Front Panel Configuration
- ▷ Stainless Steel Swivel Stand
- ▷ Operates on AC Adapter or 12 Volt DC

Specifications:

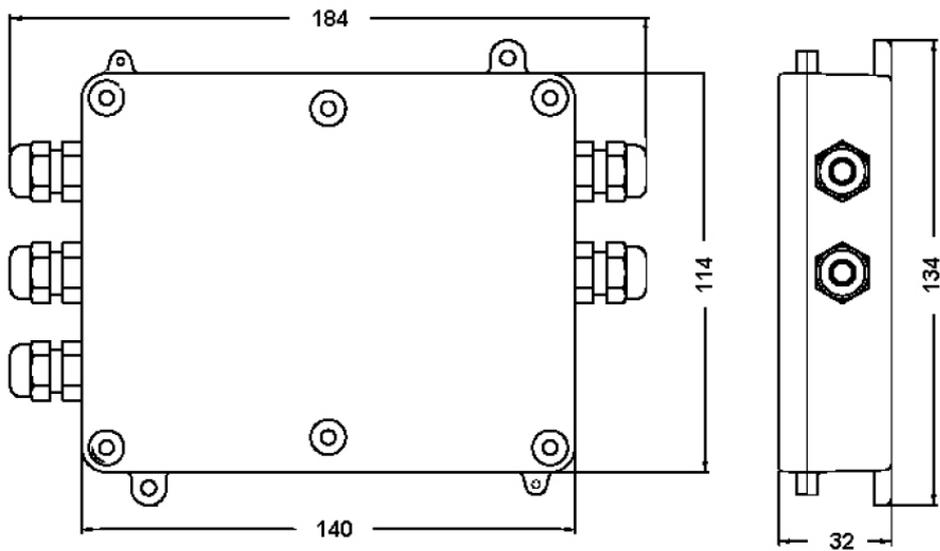
Load Cell Excitation: +10 VDC
Load Cell Current: Drives up to four 350Ω Load Cells
Analog Signal Input Range: 0.2 mV/V min to 3.0 mV/V max
Analog Sensitivity:
0.4 μV/grad, minimum
1.0 μV/grad recommended minimum for Legal-for-Trade
A/D Conversion Rate: Up to 25 meas/sec
A/D Resolution: Up to 260,000 Internal Counts
Display: 0.6", 6 Digit LED Display
Display Resolution: Up to 50,000 External Grads, Selectable
Key Functions: Units, Zero, Net/Gross, Tare, Print
Annunciators: Gross, Net, kg, lb, Center of Zero, Stable, Tare, Negative, PCS
Serial Port: Full Duplex RS-232 Format
Power Requirement: 12 VDC, 500 mA Wall Adapter, Included
DC Power Consumption: 200 mA + 30 mA/350Ω Load Cell
Operating Temperature: 14°F to 104°F (-10°C to 40°C)
Indicator Dimensions: 3.2" x 6.8" x 2.3"
Warranty: 1 Year Warranty
NIST Classification:
H-44 Class III at 5,000 Divisions
C.O.C.#94-080A2

PHYSICAL DIMENSIONS





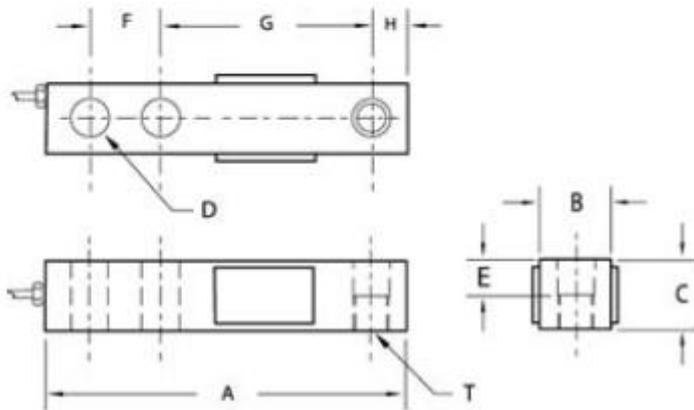
JB-PCB Summing card board layout



JB-FI Summing Box dimensional diagram - all dimensions in mm

ANEXO E
1-1

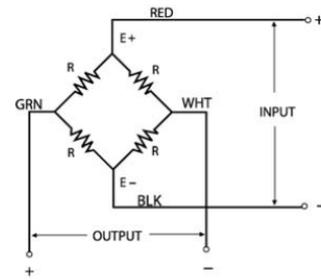
CELDA DE CARGA TIPO BARRA TRANSCCELL



DIMENSIONS:										
CAPACITY		A	B	C	D	E	F	G	H	T
1K - 5K/SE	in.	5.12	1.25	1.25	0.53	0.62	1.00	3.00	0.50	1/2-20 UNF-2B
	mm.	130.0	31.8	31.8	13.5	15.7	25.4	76.2	12.7	
5K/LE-10K	in.	6.75	1.50	1.50	0.78	0.75	1.50	3.75	0.75	3/4-16 UNF-2B
	mm.	171.4	38.1	38.1	19.8	19.0	38.1	95.2	19.0	
15K-20K	in.	8.75	2.00	2.00	1.03	1.00	2.00	4.75	1.00	1-14 UNF-2B
	mm.	222.2	50.8	50.8	26.2	25.4	50.8	120.6	25.4	

SPECIFICATIONS:

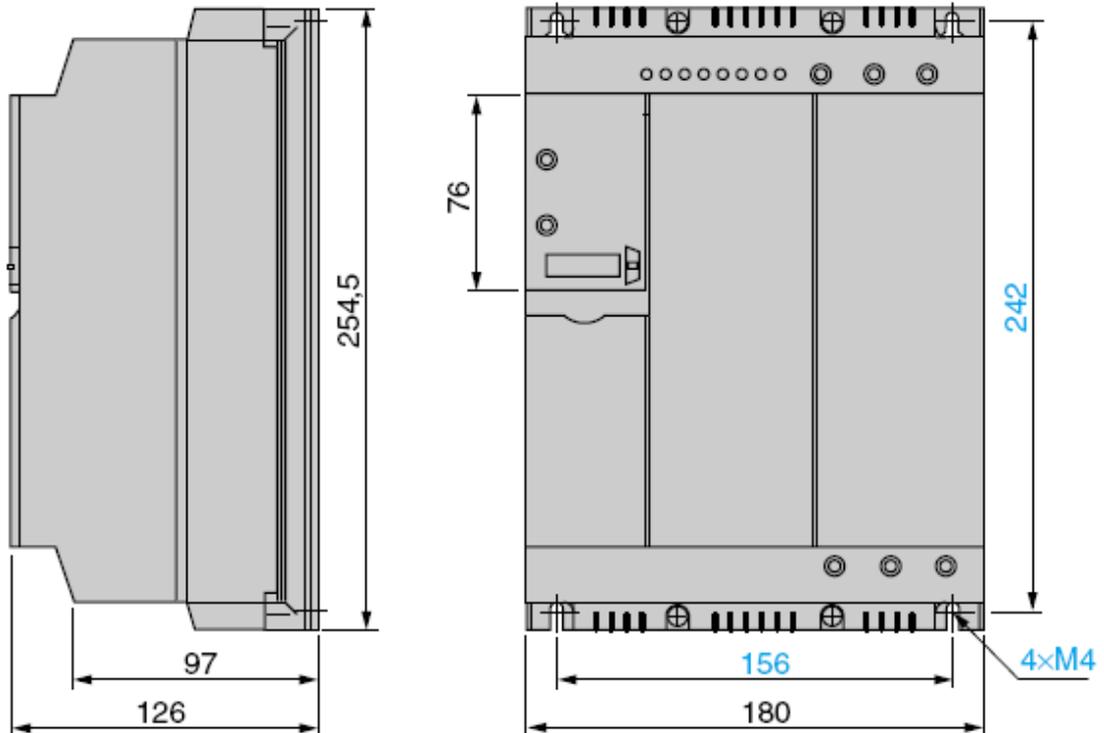
Rated Output:	3.0mV/V \pm 1%
Zero Balance:	\pm 1% of rated output
Creep after 20 minutes:	0.03% of rated output
Nonlinearity:	0.03% of rated output
Hysteresis:	0.02% of rated output
Repeatability:	0.02% of rated output
Temp. effect on output:	0.002% of applied output/ $^{\circ}$ C
Temp. effect on zero:	0.002% of rated output/ $^{\circ}$ C
Safe Temp. Range:	-10 $^{\circ}$ C to + 80 $^{\circ}$ C
Temp. Compensated:	-10 $^{\circ}$ C to + 50 $^{\circ}$ C
Safe Overload:	1.5 x rated capacity
Input Impedance:	380 Ω \pm 30 Ω
Output Impedance:	350 Ω \pm 3 Ω
Insulation Resistance:	>5000 M Ω
Rated Excitation:	10V DC/AC
Maximum Excitation:	20V DC/AC
Cable Length:	20 feet

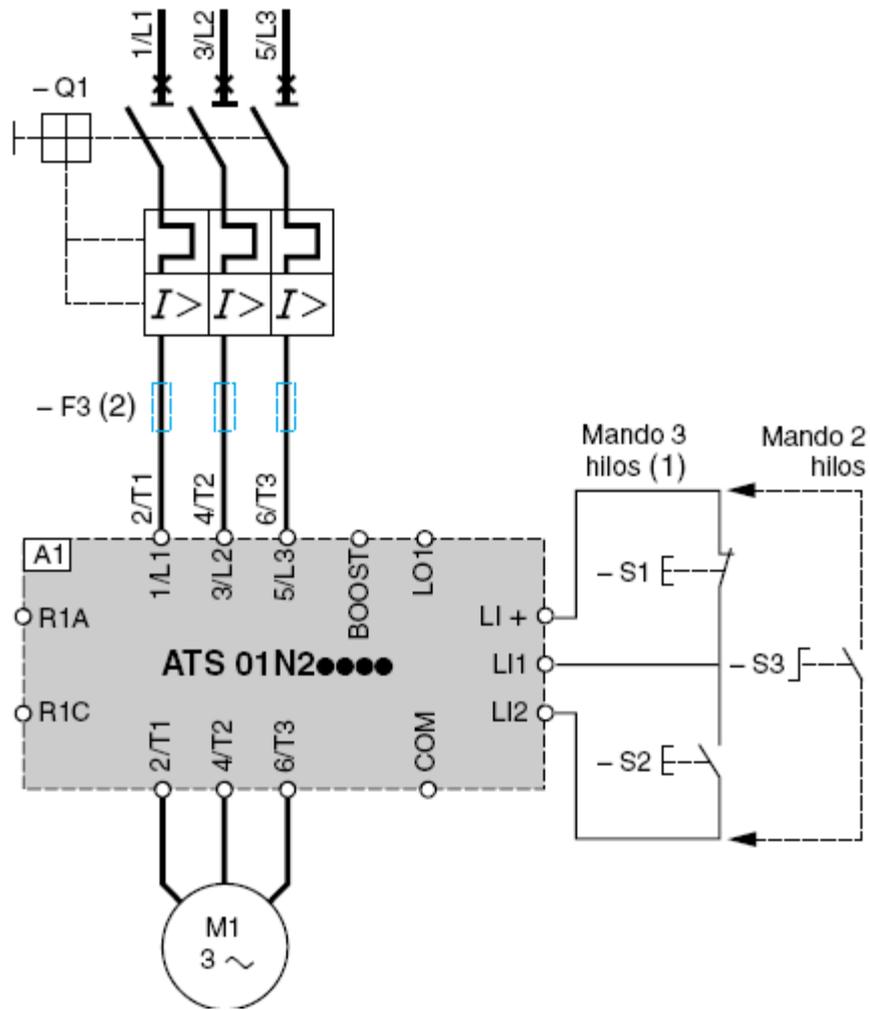
SCHEMATIC:

ANEXO F

ARRANCADOR SUAVE TELEMECANIQUE

1-1





RS-232 and RS-485 Serial Network Interfaces

NI FP-1000, NI FP-1001

- PC-based distributed I/O serial network interfaces
- Standard serial networking
 - RS-232 serial to a PC port
 - RS-485 for industrial multidrop applications
- Connects up to 25 FieldPoint banks to a serial bus
- Industrial-grade reliability
 - Automatic self-diagnostics
 - Isolated communication bus to I/O modules
 - Network watchdog timer
 - Configurable I/O powerup states

Operating Systems

- Windows 2000/NT/XP

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module

Other Compatible Software

- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- Lookout
- VI Logger

Driver Software (included)

- Measurement & Automation Explorer
- OPC server (2.0 compliant)

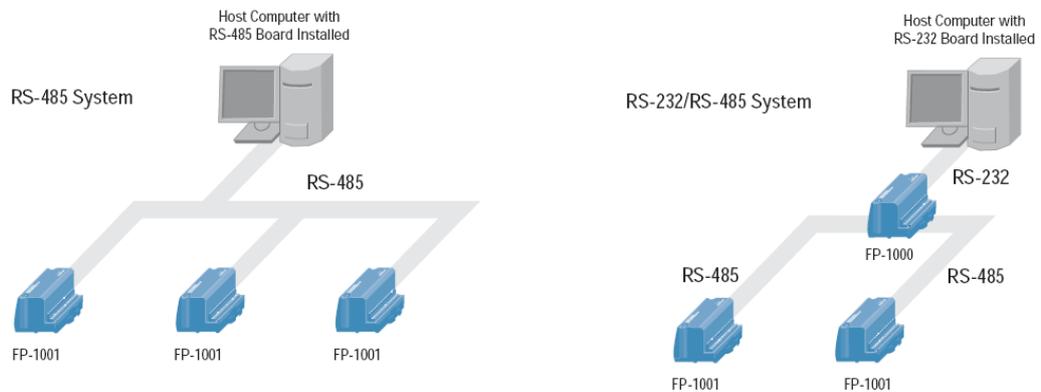


Figure 1. FieldPoint Serial Network System Configurations

Specifications

Network

Serial ports	
FP-1000	1 RS-232 port, 1 RS-485 repeater port
FP-1001	1 RS-485 port
Baud rates	300, 1200, 2400, 9600, 38400, 57600, 115200 (switch selectable)
Communication parameters	1 start bit, 8 data bits, 1 stop bit, no parity
Integrity	Standard Optomux checksum
Maximum distance from host	
FP-1000 (RS-232)	15 m (50 ft)
FP-1001 (RS-485)	1,200 m (4,000 ft)
RS-485 isolation	2,300 V _{rms} breakdown

Power Requirements

Power supply range	11 to 30 VDC
Recommended power supply	
FP-1000/1001 with up to 5 I/O modules...	15 W (FP-PS-4 or equivalent)
FP-1000/1001 with 6 to 9 I/O modules...	20 W
Power consumption	1 W + 1.15 (I/O module power requirements)

Physical Characteristics

LED indicators	
POWER (green)	Valid power
NETWORK (yellow)	Network traffic from host
ACCESS (yellow)	Access of any module in local node
STATUS (red)	Failure condition
Screw-terminal wiring	16-26 AWG copper conductor wire with 7 mm (0.28 in.) of insulation stripped from the end
Torque for screw terminals	0.5-0.6 N m (4.4-5.3 lb in.)

Environmental

FieldPoint modules are intended for indoor use only. For outdoor use, they must be installed in a suitable sealed enclosure.	
Operating temperature	-40 to 70 °C
Storage temperature	-55 to 85 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing
Maximum altitude	2,000 m; at higher altitudes the isolation voltage ratings must be lowered.
Pollution degree	2

Safety

The FP-1000/1001 is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61010-1, IEC 61010-1
- UL 3121-1, UL 61010C-1
- CAN/CSA C22.2 No. 1010.1

For UL and other safety certifications, refer to the product label or to ni.com

Electromagnetic Compatibility

CE, C-Tick and FCC Part 15 (Class A) Compliant	
Emissions	EN 55011 Class A at 10 m, FCC Part 15A above 1 GHz
Immunity	EN 61326: 1997 + A2: 2001, Table 1

For EMC compliance, operate this device with shielded cabling.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE Marking, as follows:

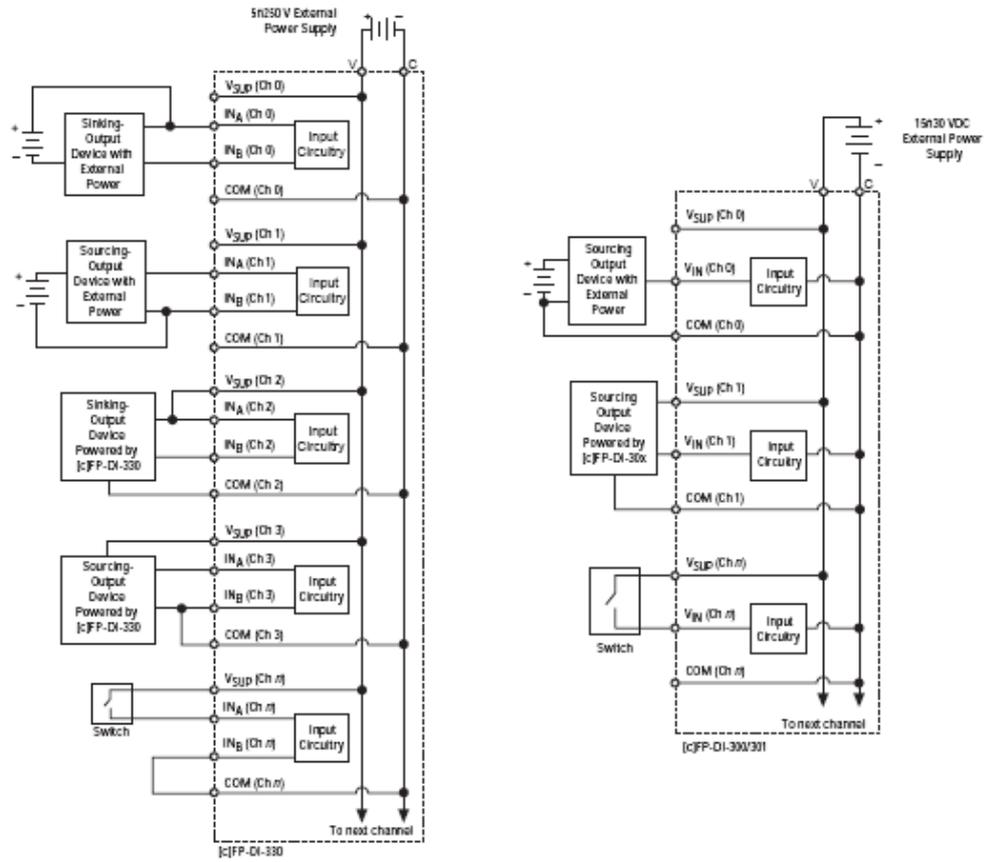
Low-Voltage Directive (safety)	73/23/EEC
Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)	89/336/EEC

Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/hardref.nsl/ and search by model number or product line.

NI [c]FP-DI-300, NI [c]FP-DI-301, NI [c]FP-DI-330

- 8 or 16 inputs
 - 24 VDC inputs
 - 3 to 250 VDC inputs
 - 15 to 250 VAC inputs
- 2,300 V_{rms} bank isolation for transient overvoltage protection
- Hot swappable with autoconfiguration
- -40 to 70 °C operating range





Wiring Schematics for the DI-3xx Modules

Specifications

Typical for -40 to 70 °C unless otherwise noted.

Digital Input Channels

[c]FP-DI-300, [c]FP-DI-330.....	8
[c]FP-DI-301	16

Input Characteristics

Input impedance ([c]FP-DI-300, [c]FP-DI-301).....	5 kΩ
Input current limiting ([c]FP-DI-330).....	1.5 mA

Isolation Voltage

Maximum isolation voltage ([c]FP-DI-330 only).....	250 V _{rms} , Installation Category II
Channel-to-channel isolation.....	No isolation between channels
Transient overvoltage.....	2,300 V _{rms}

Physical Characteristics

LED indicators	
POWER (green)	Power on and self-test passed
READY (green)	Module configured and ready
<0..15> or <0..7> (green).....	Input state of each channel
Dimensions (FP only, including terminal base).....	
	10.7 by 10.9 by 9.1 cm (4.2 by 4.3 by 3.6 in.)
Weight	
FP-DI-300/301	130 g (4.6 oz)
cFP-DI-300/301	100 g (3.6 oz)
FP-DI-330	133 g (4.7 oz)
cFP-DI-330.....	103 g (3.7 oz)

Power Requirements (from Network Module)

[c]FP-DI-300	185 mW
[c]FP-DI-301	325 mW
[c]FP-DI-330	200 mW

Environment

Operating temperature.....	-40 to 70 °C
Storage temperature	-55 to 85 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing

Shock and Vibration

These specifications apply only to Compact FieldPoint. NI recommends Compact FieldPoint if your application is subject to shock and vibration.

Operating vibration, random (IEC 60068-2-64).....	10 to 500 Hz, 5 g _{rms}
Operating vibration, sinusoidal (IEC 60068-2-6)	10 to 500 Hz, 5 g
Operating shock (IEC 60068-2-27).....	50 g, 3 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations; 30 g, 11 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 3121-1, UL 61010C-1
- CAN/CSA C22.2 No. 1010.1

For UL, hazardous location, and other safety certifications, refer to the product label or to ni.com

Electromagnetic Compatibility

CE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant

Emissions.....	EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz
Immunity.....	EN 61326:1997 + A2:2001, Table 1

For EMC compliance, operate this device with shielded cabling.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE Marking, as follows:

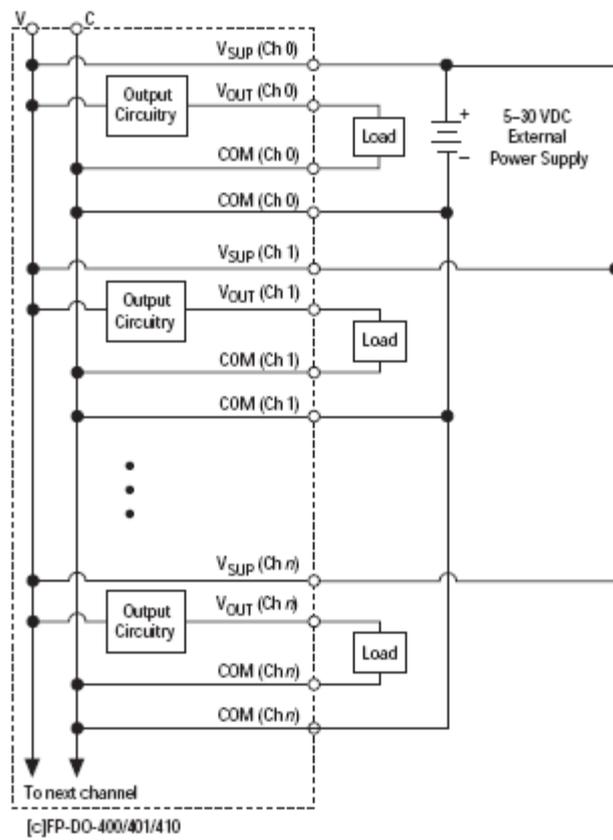
Low-Voltage Directive (safety).....	73/23/EEC
Electromagnetic Compatibility Directive (EMC).....	89/336/EEC

Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/hardref.nsl/ and search by model number or product line.

NI [c]FP-DO-400, NI [c]FP-DO-401, NI [c]FP-DO-403, NI [c]FP-DO-410

- 8 or 16 digital outputs
 - 5 VDC
 - 12 VDC
 - 24 VDC
- Fused outputs for short circuit protection (DO-410)
- 2,300 V_{rms} bank isolation for transient overvoltage protection
- Hot swappable with autoconfiguration
- -40 to 70 °C operating range





Specifications

Typical for -40 to 70 °C unless otherwise noted.

Digital Output Channels

Number of output channels	
[c]FP-DO-400, [c]FP-DO-410	8
[c]FP-DO-401, [c]FP-DO-403	16
Voltage range	5-30 VDC
Output impedance at 10-30 V	0.3 Ω
	(0.3 V drop at 1 A)
[c]FP-DO-403	0.12 Ω
Output impedance at 5 to 10 V	2 Ω
Maximum output current per channel at 10 to 30 V range	
[c]FP-DO-400, [c]FP-DO-403	2.0 A
[c]FP-DO-401	1.5 A
[c]FP-DO-410	1 A
Maximum output current on all channels	
[c]FP-DO-400	8 A ²
[c]FP-DO-401	8 A ²
FP-DO-403	16 A ²
cFP-DO-403	16 A ² at -40 to 60 °C
	12 A ² at 60 to 70 °C
[c]FP-DO-410	8 A
Maximum output current at 5 to 10 V range	
Per channel	0.67 A
All channels, [c]FP-DO-400*	1.35 A ²
All channels, [c]FP-DO-401*	1.2 A ²
Output delay time	
Turn ON	20 μs
Turn OFF	50 μs
Protection	
All modules	Flyback diode to COM for inductive loads
FP-DO-410	Electronic fuses for overcurrent protection
Leakage, overcurrent condition	
(FP-DO-410 only)	1 mA
Power-on state	Off, until set to power-on state stored in local network module

*The sum of the squares of the output currents on every channel must be less than or equal to this value.

Power Requirements

Power from network module	
[c]FP-DO-400	300 mW
[c]FP-DO-401 and FP-DO-403	600 mW
[c]FP-DO-410	400 mW

Isolation Voltage

Channel-to-channel isolation	No isolation between channels
Transient overvoltage	2,300 V _{rms}

Physical Characteristics

LED Indicators	
POWER (green)	Power on and self-test passed
READY (green)	Module configured and ready
<0...15> or <0...7> (green)	On/off state of each channel
<0...7> (red) (FP-DO-410 only)	Overcurrent condition
Dimensions (including terminal base)	10.7 by 10.9 by 9.1 cm (4.2 by 4.3 by 3.6 in.)
Weight	136 g (4.8 oz)

Environment

Operating temperature	-40 to 70 °C
Storage temperature	-55 to 85 °C
Relative humidity	10% to 90%, noncondensing

Shock and Vibration

These specifications apply only to Compact FieldPoint. NI recommends Compact FieldPoint if your application is subject to shock and vibration.

Operating vibration, random	
(IEC 60068-2-64)	10 to 500 Hz, 5 g _{rms}
Operating vibration, sinusoidal	
(IEC 60068-2-6)	10 to 500 Hz, 5 g
Operating shock	
(IEC 60068-2-27)	50 g, 3 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations; 30 g, 11 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 3121-1, UL 61010C-1
- CAN/CSA C22.2 No. 1010.1

For UL, hazardous location, and other safety certifications, refer to the product label or to ni.com

Electromagnetic Compatibility

CE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant

Emissions	EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz
Immunity	EN 61326:1997 + A2:2001, Table 1

For EMC compliance, operate this device with shielded cabling.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE Marking, as follows:

Low-Voltage Directive (safety)	73/23/EEC
Electromagnetic Compatibility	
Directive (EMC)	89/336/EEC

Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/hardref.nsl and search by model number or product line.

NI FP-RLY-420, NI FP-RLY-422

- 4 or 8 electromechanical relays
 - 8 form A (SPST), RLY-420
 - 4 form C (SPDT), RLY-422
- Switch 250 VAC, 120 VDC
- Switch 3 A, maximum
- 2,300 V_{rms} bank isolation for transient overvoltage protection
- Hot swappable with autoconfiguration
- -40 to 70 °C operating range

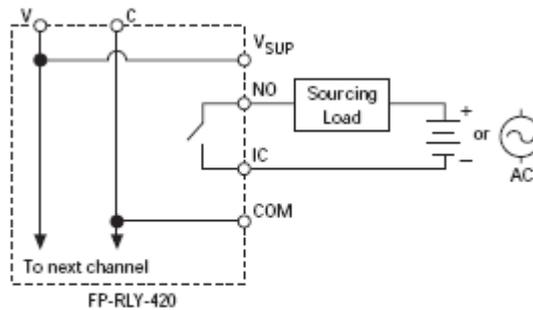


figure 1. Wiring Schematics for RLY Modules

Specifications

Typical for -40 to 70 °C unless otherwise noted.

Relay Characteristics

Number of channels	
FP-RLY-420	8
FP-RLY-422	4
Relay type	
FP-RLY-420	SPST, normally open, nonlatching
FP-RLY-422	SPDT, nonlatching
Maximum switching capacity (resistive load) ¹	
AC	3 A at 250 VAC
DC	3 A at 35 VDC
	2 A at 40 VDC
	1 A at 55 VDC
	0.4 A at 120 VDC
Minimum switching load	10 mA at 5 VDC
Off-state leakage current (120 VDC/250 VAC)	
DC	0.12 µA
50/60 Hz	8 µA
DC path resistance	
Initial	≤ 150 mΩ
End of life	≥ 1.0 Ω
Expected relay life	
Mechanical	2 x 10 ⁷ operations/s (FP-RLY-420)
	1 x 10 ⁷ operations/s (FP-RLY-422)
Electrical (at 30 cpm)	300,000 operations at 3 A, 35 VDC
	100,000 operations at 3 A, 250 VAC
Operate time	
FP-RLY-420	<10 ms
FP-RLY-422	10 ms typ, 13 ms max
Release time	
FP-RLY-420	<10 ms
FP-RLY-422	5 ms typ, 7 ms max
Bounce time	
FP-RLY-420	<4 ms
FP-RLY-422	3 ms typ, 6 ms max
Contact material	
FP-RLY-420	Gold-plated silver cadmium oxide
FP-RLY-422	Silver cadmium oxide
Power Requirement (from Network Module)	
FP-RLY-420	2.5 W
FP-RLY-422	1.5 W

Physical Characteristics

LED indicators	
POWER (green)	Power on and self-test passed
READY (green)	Module configured and ready
<0...7> or <0...3>	On/off state of each contact
Dimensions (including terminal base)	10.7 by 10.9 by 9.1 cm (4.2 by 4.3 by 3.6 in.)
Weight	
FP-RLY-420	160 g (5.6 oz)
FP-RLY-422	180 g (6.4 oz)

Isolation Voltage

Maximum isolation voltage	250 V _{rms} , Installation Category II
Channel-to-channel isolation	No isolation between channels
Transient overvoltage	2,300 V _{rms}

Environment

Operating temperature	-40 to 70 °C
Storage temperature	-55 to 85 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 3121-1, UL 61010C-1
- CAN/CSA C22.2 No. 1010.1

For UL, hazardous location, and other safety certifications, refer to the product label or to ni.com

Electromagnetic Compatibility

CE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant

Emissions..... EN 55011 Class A at 10 m

FCC Part 15A above 1 GHz

Immunity..... EN 61326:1997 +A2:2001, Table 1

For EMC compliance, you must operate this device with shielded cabling.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE Marking, as follows:

Low-Voltage Directive (safety)..... 73/23/EEC

Electromagnetic Compatibility

Directive (EMC)..... 89/336/EEC

Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/hardwre.nsl/ and search by model number or product line.