



unitec[®]
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES[®]

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**MIGRACIÓN A NIVEL DE HARDWARE Y SOFTWARE DE MOLINO ANEXO
Y GABINETE DE DOSIFICADORES, MOLINO HARINERO SULA**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

CINTYA JACKELINE CRIBAS AGUILAR 21441207

ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNÁNDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA;

ABRIL, 2019

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

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

San Pedro Sula

Estimados Señores:

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

Yo, Cintya Jackeline Cribas Aguilar, de San Pedro Sula autor del trabajo de grado titulado: MIGRACIÓN A NIVEL DE HARDWARE Y SOFTWARE DE MOLINO ANEXO Y GABINETE DE DOSIFICADORES, MOLINO HARINERO SULA, presentado y aprobado en el año 2019, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero en Mecatrónica, autorizo a:

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

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

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

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

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

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 31 días del mes de marzo de dos mil diecinueve.

Cintya Jackeline Cribas Aguilar

21441207

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Darwin Reyes

Asesor UNITEC

Ing. Rigoberto Bardales

Jefe Inmediato

Ing. José Ordoñez

Coordinador de terna

Ing. Georgina Reyes

Miembro de terna

Ing. Orlando Aguiluz

Miembro de terna

Ing. Darwin Reyes

Coordinación Académica Ing. Mecatrónica

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por ser el fiel instructor de mi vida. Por permitirme un día más para aprender cosas nuevas y para disfrutar de mis seres queridos. Porque con cada amanecer me asegura que todo es posible si creemos en Él.

Gracias a mi padre por ser mi mentor, por inculcarme que la educación es la clave del éxito y la herencia más valiosa que hay.

A mi madre por hacerme ver la vida y los problemas con una sonrisa.

A ambos por sacrificar tantas cosas para que nunca nos faltara nada a mí y a mis hermanos. Porque con ejemplos nos infundieron cada enseñanza y valores. Espero que este logro pueda remunerar un poco de todo lo que han hecho por mí.

A mi hermana, Valentina, gracias por ser mi motor. Porque desde que llegaste a mi vida me propuse ser el mejor ejemplo que pudieras tener.

Gracias por todo el amor y apoyo incondicional que me has brindado. Por creer en mí aun cuando yo no lo hacía. Porque cada día me motivas a ser una mejor persona. Mil gracias, Bryan.

RESUMEN EJECUTIVO

"La incorporación de conocimientos y tecnología no es un proceso simple. No basta con adquirir las máquinas o las licencias para lograrlo. Este es un error frecuente y fatal. Porque comprar bien, usar bien, mantener bien y -sobre todo- adaptar, cambiar, mejorar e integrar armónicamente lo nuevo con lo que ya se tiene, exige un caudal muy importante de conocimiento, seguramente no muy inferior que el necesario para hacer" (Pérez, 2003).

Automatización Industrial S.A.(AINSA) es un distribuidor oficial de la prestigiosa marca SIEMENS, además de las marcas OMRON, SMC. Enfocándose en cuatro áreas, venta y distribución, proyectos, capacitaciones y asesoría técnica. Brindando soluciones completas de automatización industrial utilizando las más modernas herramientas de hardware y software disponibles en el mercado. Desde la preparación, diseño, elaboración de paneles de control, tableros de control para motores y programación. Ha logrado de manera exitosa grandes proyectos a empresas reconocidas como Cervecería Hondureña, EMSULA, CERSA, GILDAN, entre otros. Clasificándose como una gran empresa proveedora en tecnología y automatización.

AINSA fue contratada por el Molino Harinero Sula. Esto, con el fin de ejercer una migración a nivel de hardware y software del Molino Anexo y Gabinete de Dosificadores, en donde se llevó a cabo el reemplazo de las periféricas descentralizadas ET200L por las ET200SP que son mucho más potentes, modernas y con la ventaja de ampliación. Lo cual significó una mejora muy importante para el sistema de control del molino. Ya que esto asegura una funcionalidad óptima a largo plazo. Además se cambiaron relees que se encontraron en estado muy dañado y se reemplazaron por unos nuevos. Esto para evitar cualquier tipo de fallas por parte de ellos.

Por otra parte se llevó a cabo la implementación de un control efectivo para el manejo eficiente del cuarto de compresores. Aprovechándose del sistema con el que ya contaba el Molino que es el SAM 4.0 para extraer todas las variables y lograrlas manipular e imprimir en las ventanas del SCADA y de esta forma manipular el funcionamiento de forma remota de los cuatro compresores y además visualizar el estado de operación de los secadores y extractores.

También, se agregaron datos como la extracción y el trigo limpio a las ventanas del SCADA, evitando así la fatiga de estar realizando formulas manualmente por parte de los operadores. Así como un reordenamiento de cada una de las ventanas que forman parte del Molino Anexo. Esto con el fin de hacerlas agradables a la vista, más estéticas y más claras para los trabajadores.

Finalmente, se hizo la instalación y parametrización de los seis variadores de frecuencia G120 de forma exitosa. Los cuales son los encargados de dosificar los aditivos que les dan la calidad requerida a la harina. Siendo esta parte vital pues a partir de los aditivos como blanqueadores y vitaminas es que tenemos los distintos tipos de harina que conocemos en el comercio.

Con este proyecto se aseguró mantener el Molino Anexo a la vanguardia con tecnología eficiente y actual, dado que sus unidades de control se estaban volviendo obsoletas y arcaicas. Y modernizar las ventanas del SCADA, logrando así una apariencia más estética para los operadores. Y a la vez la realización automática de ciertas fórmulas que antes debían hacerse de forma manual. Lo cual es una mejora significativa para el proceso de molienda.

ABSTRACT

"The incorporation of knowledge and technology is not a simple process. It is not enough to acquire the machines or the licenses to achieve it. This is a frequent and fatal error. Because buying well, using well, keeping well and - above all - adapting, changing, improving and harmoniously integrating the new with what you already have, requires a very important flow of knowledge, surely not much less than what is necessary to do "(Pérez, 2003).

Industrial Automation S.A. (AINSA) is an official distributor of the prestigious SIEMENS brand, in addition to the OMRON, SMC brands. Focusing on four areas, sales and distribution, projects, training and technical advice. Providing complete industrial automation solutions using the most modern hardware and software tools available in the market. From the preparation, design, development of control panels, control panels for engines and programming. He has successfully achieved great projects to recognized companies such as Cervecería Hondureña, EMSULA, CERSA, GILDAN, among others. Classifying as a large supplier company in technology and automation.

AINSA was hired by Molino Harinero Sula. This, in order to exercise a migration at the hardware and software level of the Molino Anexo and Gabinete de Dosificadores, where the ET200L decentralized peripherals were replaced by the ET200SP that are much more powerful, modern and with the advantage of expansion. Which meant a very important improvement for the mill control system. Since this ensures optimal functionality in the long term. In addition, relays that were found in a damaged state were replaced and replaced by new ones. This to avoid any kind of failures on their part.

On the other hand, the implementation of an effective control for the efficient management of the compressor room was carried out. Taking advantage of the system that already had the mill that is the SAM 4.0 to extract all the variables and achieve manipulate and print them in the windows of the SCADA and thus manipulate the operation of the four compressors remotely and also view the status of operation of dryers and extractors.

Also, data such as extraction and clean wheat were added to the SCADA windows, thus avoiding the fatigue of manually performing formulas by the operators. As well as a reordering of each of the windows that are part of the Molino Anexo. This in order to make them pleasing to the eye, more aesthetic and clearer for the workers.

Finally, the installation and parameterization of the six G120 frequency inverters was done successfully. Which are responsible for dosing the additives that give the required quality to the flour. Being this vital part then from the additives like bleaches and vitamins is that we have the different types of flour that we know in the trade.

With this project it was ensured to keep the Molino Anexo at the forefront with efficient and current technology, given that its control units were becoming obsolete and archaic. And modernize the SCADA windows, thus achieving a more aesthetic appearance for operators. And at the same time the automatic realization of certain formulas that previously had to be done manually. Which is a significant improvement for the grinding process.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	II
ABSTRACT	IV
GLOSARIO	X
INTRODUCCIÓN	1
II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
2.4 OBJETIVOS	5
2.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2.5 JUSTIFICACIÓN	5
III MARCO TEÓRICO	7
3.1 NOMBRE Y DEFINICIÓN DEL PRODUCTO: HARINA DE TRIGO	7
3.2 MOLINO HARINERO SULA, S.A.	7
3.2.1 ELABORACIÓN DE HARINA EN MOLINO HARINERO SULA	8
3.2.2 MOLIENDA	8
3.3 SISTEMA DE CONTROL	9
3.4 CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	11
3.5 PROFINET Y PROFIBUS	15
3.6 PERIFERIA E/S DESCENTRALIZADA O DISTRIBUIDA.	18
3.7 SCADA- SISTEMAS DE SUPERVISIÓN DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS	22
3.8 Variadores de Frecuencia	24
3.9 Motores Eléctricos	26
3.10 Compresores Industriales	28
IV METODOLOGIA	31
4.1 Procedimientos y Herramientas	31
4.2 Hipótesis	33
4.3 Cronograma de Actividades	33
CAPITULO V: RESULTADOS Y ANALISIS	35

5.1 Periferias Descentralizadas ET200L	35
5.2 Periferias Descentralizadas ET200SP	37
5.2.1 Módulos en ET200 SP	37
5.3 Variadores de Frecuencia G120	40
5.3.1 USS_PORT	40
5.3.2 USS_DRIVE	41
5.4 Parametrización de los variadores G120	44
5.5 Dosificador DP	48
5.6 Compresores SAM	49
VI CONCLUSIONES	59
6.1 Conclusión General	59
6.2 Conclusiones Específicas	59
VII RECOMENDACIONES	60
7.1 Para la Empresa	60
7.2 Para la Universidad	60
VIII BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. MOLINO HARINERO SULA, S.A.	8
ILUSTRACIÓN 2. CONTROL DE LAZO ABIERTO	10
ILUSTRACIÓN 3. SISTEMA DE LAZO CERRADO	11
ILUSTRACIÓN 4. PLC SIMATIC S7-1200 1215C	11
ILUSTRACIÓN 5. LOGO! SIEMENS, ESTRUCTURA COMPACTA	13
ILUSTRACIÓN 6. ESTRUCTURA SEMIMODULAR Y MODULAR SIEMENS	14
ILUSTRACIÓN 7. LOGO DE PROFINET	17
ILUSTRACIÓN 8. LOGO DE PROFIBUS	17
ILUSTRACIÓN 9. RESUMEN DE GAMA DE PRODUCTOS ET200	19
ILUSTRACIÓN 10. VISTA DE LA UNIDAD PERIFÉRICA DESCENTRALIZADA SIEMENS	20
ILUSTRACIÓN 11. PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200-SP SIEMENS	21
ILUSTRACIÓN 12. LOGO APLICACIÓN SIMATIC WINCC	24
ILUSTRACION 13. DATOS TECNICOS Y G120 BOP	25
ILUSTRACIÓN 14. SIGMA AIR MANAGER (SAM) 4.0	30
ILUSTRACIÓN 15. MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES ET200L	31
ILUSTRACIÓN 16. MÓDULOS DE SALIDAS DIGITALES ET200L	32
ILUSTRACIÓN 17. CCM JB1	35

ILUSTRACIÓN 18. CCM M2-1.....	36
ILUSTRACIÓN 19. CCM M2-2.....	36
ILUSTRACIÓN 20. ESTRUCTURA DE ET200 SP	38
ILUSTRACIÓN 21. MODULOS DE ET200 SP-VISTA DE DISPOSITIVOS TIA Portal ...	39
ILUSTRACIÓN 22. BLOQUE USS_PORT	41
ILUSTRACIÓN 23. BLOQUE USS_DRV	44
ILUSTRACIÓN 24. MOTOR ASINCRONO TRIFASICO GABINETE DOSIFICADOR.....	45
ILUSTRACIÓN 25. VARIADORES DE FRECUENCIA G120	47
ILUSTRACIÓN 26. SCREEN CONTROL DE GABINETE DE DOSIFICADORES	48
ILUSTRACIÓN 27. BLOQUE DPWR_DAT	48
ILUSTRACIÓN 28. BLOQUE DPRD_DAT	48
ILUSTRACIÓN 29. SCREEN CONTROL DE DOSIFICADOR DP ZH507.....	49
ILUSTRACIÓN 30. BLOQUE MB_CLIENT.....	51
ILUSTRACIÓN 31. SCREEN CUARTO DE COMPRESORES	52
ILUSTRACIÓN 32. MOLINO ANEXO.....	53
ILUSTRACIÓN 33. FACEPLATE: VALVULA DE 2 VIAS.....	55
ILUSTRACIÓN 34. . FACEPLATE: VALVULAS DE 1 VIA.....	55
ILUSTRACIÓN 35. FACEPLATE: SENSORES	56
ILUSTRACIÓN 36. . FACEPLATE: MOTORES.....	56
ILUSTRACIÓN 37. . FACEPLATE: CONTROL DE PARO	57
ILUSTRACIÓN 38. ACCIONAMIENTO DE BOTONES DE DOSIFICADORES	57
ILUSTRACIÓN 39. FACEPLATES DE SENSOR, VALVULA Y MOTOR	58
ILUSTRACIÓN 40. FACEPLATES DE CONTROL DE PARO	58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA1. PROFIBUS VRS PROFINET	16
TABLA 2. DATOS TÉCNICOS GENERALES DE LA PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200L	20
TABLA 3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	34
TABLA 3. DIRECCIONAMIENTO DE PERIFERIAS DESCENTRALIZADAS	37
TABLA 4. USS_PORT	41
TABLA 5. USS_DRV.....	44
TABLA 6. PARÁMETROS DE G120.....	46
TABLA 7. DPRD_DAT.....	49
TABLA 8. MB_CLIENT	51
TABLA 9. ABREVIACIONES DE NOMBRES	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ET200L DQ	64
ANEXO 2. ET200L DI	64
ANEXO 3. MOLINO ANEXO.....	65
ANEXO 4. CUARTO DE COMPRESORES	65
ANEXO 5. CONTROL SAM 4.0.....	66
ANEXO 6. SCADA MOLINO ANEXO	66

GLOSARIO

1. **Bus:** Vía de comunicación común que interconecta todas las estaciones; posee dos extremos definidos. En el sistema ET 200, el bus es un conductor de dos hilos o de fibra óptica.
2. **Dirección Profibus:** Cada estación de bus debe llevar asignada una dirección PROFIBUS (número de estación), para su identificación inequívoca en el PROFIBUS. Las unidades PC/PG o el terminal portátil ET 200-Handheld tienen la dirección PROFIBUS "0". Para la unidad periférica descentralizada ET 200L son admisibles las direcciones PROFIBUS 1 a 99.
3. **Endospermo:** Es la parte del trigo que envuelve al germen o embrión y le proporciona los nutrientes necesarios para su desarrollo. El endospermo contiene gran cantidad de hidratos de carbono, especialmente almidones y proteínas, y en menor proporción vitaminas y minerales.
4. **Esclava:** Una esclava sólo puede intercambiar datos con una maestra previa solicitud por parte de ésta. Esclavas son, p.ej., todas las esclavas DP como ET 200B, ET200L, ET 200M, etc.
5. **Inocuidad:** La inocuidad de los alimentos engloba acciones encaminadas a garantizar la máxima seguridad posible de los alimentos. Las políticas y actividades que persiguen dicho fin deberán de abarcar toda la cadena alimenticia, desde la producción al consumo.
6. **IP 20:** Clase de protección según la norma DIN 40050: Protección contra el contacto accidental con los dedos y contra la penetración de cuerpos extraños sólidos mayores de 12 mm \varnothing .
7. **PROFIBUS:** PROcess Field BUS, norma alemana de bus de proceso y de campo estipulada en la norma PROFIBUS (EN 50170, volumen 2, PROFIBUS). Esta norma establece propiedades funcionales, eléctricas y mecánicas para un sistema de bus de campo con los bits en serie. PROFIBUS se prevé con los protocolos DP (= periferia descentralizada), FMS (= Fieldbus Message Specification), PA (= automatización de procesos) o TF (= funciones tecnológicas).

8. **Salvado:** Es la parte del grano de trigo que no se ha utilizado para hacer harina. Es la parte más externa del grano de trigo. Incluye el pericarpio, la testa e incluso a veces incluso la aleurona.
9. **Velocidad de Transmisión:** La velocidad de transmisión es la velocidad a que se transmiten los datos. Indica la cantidad de bits transmitidos por segundo (velocidad en baudios = velocidad binaria). En la ET 200L son posibles velocidades de transmisión comprendidas entre 9,6 kBaudios y 1,5 MBaudios.

INTRODUCCIÓN

Para el hombre primitivo el trigo comenzó a ser indispensable por su fácil adquisición y por la falta de carne, así que comenzó a ingerirlo. Como el trigo es de granos duros y casi imposible tritarlo con los dientes, el hombre tuvo que ingeniárselas para molerlo, así que con la ayuda de dos piedras comenzó esta labor de convertir el trigo en harina, la cual conservaba íntegramente las cualidades nutritivas del grano. El resultado de esta molienda fue un polvito, que hasta la actualidad sirve para la fabricación del pan, que se ha consumido por la humanidad.

Con el paso del tiempo se tuvo que industrializar este proceso de elaboración de harina, por el motivo que se convirtió en la base dietética de todo ser humano, y se necesitaba un volumen mayor y una materia prima de más calidad.

Para lograr suplir con esta demanda se hizo uso de distintas maquinarias que cada día se van automatizando y mejorando para lograr una producción más eficiente y eficaz. Tal como lo indica García Higuera (2005): "La creciente necesidad de mejorar la productividad ocasiona que la automatización de los procesos industriales se convierta en una de las prioridades más acuciantes de las empresas de fabricación" (p.17).

En este informe se describe con detalle el proyecto de mejora desarrollado en Molino Harinero Sula. El cual consistió en hacer una migración del gabinete de dosificadores y molino anexo. Además de la parametrización de variadores para poner a funcionar la comunicación USS y de esta forma controlar las dosis de aditivos que se le insertan a la harina. También, se automatizó el área de compresores, para tener un control más eficiente del mismo. Finalmente se llevó a cabo una integración y actualización al SCADA de estos elementos. Esto, con la intención de renovar el sistema de control automatizado del área de molienda. Debido a que el sistema con el que se contaba antes se estaba volvió obsoleto y estaba frenando el crecimiento de los procesos de la misma.

La interfaz serie universal (USS), es un protocolo propietario de Siemens desarrollado en los años 90. Se trata de un protocolo maestro-esclavo, con un único maestro del bus, basado en RS485 a dos hilos. Facilitando la comunicación entre el controlador y el variador. De esta forma

es como se comunica al PLC con los seis variadores que se instalaron. Los cuales velan por el funcionamiento óptimo de las dosificaciones de aditivos.

Además de la parte del cuarto de compresores en donde la necesidad recaía en controlar de forma remota los compresores para realizar sus paros durante los días que no se requiriera de su uso. Contando con el apoyo de la red de Modbus que ofrece el SAM 4.0, el cual es un sistema que controla el comportamiento de los compresores, extractores y secadores en el sistema, para extraer los datos de control que se imprimieron en una ventana del SCADA y así manipular y escribir sobre el estado operativo de los compresores.

Por su parte el reemplazo de las unidades de periferias se tornó vital para asegurarle al molino un funcionamiento a largo plazo ya que se buscó equipo siempre de la rama de SIEMENS, específicamente la periferia ET200SP, que permite la ampliación del sistema y además cuenta con el programa de STEP7 para hacer sus respectivos diagnósticos, pruebas y control. Cabe destacar que los procesos de migración que Siemens ofrece les dan a sus usuarios la tranquilidad de que sus sistemas automatizados no volverán a quedar obsoletos durante un largo tiempo, alargando la vida útil de la máquina e instalaciones.

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El Molino Harinero de Sula, fue fundado el 7 de noviembre de 1946, por el distinguido empresario de origen Polaco Boris Goldstein, un hombre visionario con cualidades humanas excepcionales, amable, emprendedor y honesto. Don Boris contribuyó con el desarrollo económico del país invirtiendo todo su tiempo, dinero y esfuerzo con el objetivo de ver a la ciudad desarrollada y con trabajo para sus habitantes, siendo su mayor legado el empuje a la empresa privada en Honduras.

El Molino Harinero Sula S.A. es una empresa sólidamente establecida, desde su fundación el 7 de Noviembre de 1946 ha evolucionado en forma constante. Siendo el primer molino de Honduras y pioneros en la región centroamericana en obtener certificaciones internacionales ISO de inocuidad y calidad.

Es una empresa comprometida en entregar experiencias de valor en productos, servicios, procesos y resultados para los negocios de sus clientes, para contribuir al bienestar de las comunidades donde operan.

Actualmente cuentan con cuatro áreas de producción: materia prima, molienda, empaque y fábrica de pastas.

En donde la molienda era controlada por un sistema automatizado de periferias descentralizadas ET200L. En el área de molienda es donde se transforma el grano de trigo en harina y luego enviarlo al área de empaque.

Además, se cuenta con un cuarto de compresores, los cuales son los encargados de brindar las presiones necesarias para el transporte del grano del trigo a lo largo del proceso. Siendo estos controlados por un sistema de control de funcionamiento, que es el SAM 4.0 y que depende de Modbus, para su funcionamiento con el PLC.

También, está el gabinete de dosificadores los cuales se encargan de proporcionarle a la harina las dosis necesarias y exactas de aditivos (blanqueadores y vitaminas) que aseguren la calidad de los diferentes tipos de harina que se prepara. A través de cuatro motores de corriente alterna que se pusieron a funcionar como dosificadores y un dosificador Buhler.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a que la instalación de estas periféricas descentralizadas SIMATIC ET200L se hicieron desde el año 2001. Y teniendo en cuenta que esta versión no admite una ampliación y que además se está convirtiendo una tecnología obsoleta, fue necesario hacer una actualización a nivel de hardware y software. Es por ello que se tomó la decisión de reemplazar las unidades por unas periféricas más modernas. Que permiten la ampliación de módulos y además estén a la vanguardia. Esto trajo, la tarea de parametrizar variadores G120 y a su vez establecer una comunicación vía USS, siendo este uno de los tipos de comunicación que el G120 admite, para la conexión del controlador con el variador. De esta manera, la función a realizada fue una migración a nivel de software y hardware del molino anexo y gabinete de dosificaciones. Logrando así una mayor eficiencia y producción en la molienda para mantener la calidad de la producción.

Adicionalmente, se solicitó un plan de mejora de control para el cuarto de compresores. Ya que durante los domingos, estos equipos permanecen encendidos ya que no se les hacen los respectivos paros.

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Las preguntas de investigación detalladas a continuación, nos brindaron una pauta para saber de qué forma llevar a cabo el proyecto definido.

1. ¿Cuál será la nueva versión de periféricas descentralizadas que mejor se adapte para los procesos de molienda del molino anexo?
2. ¿Cómo llevar a cabo una migración correcta de software para el gabinete de dosificadores y molino anexo?
3. ¿Cómo lograr una comunicación óptima de los variadores g120 con el plc s71200?
4. ¿Qué beneficios traerá esta migración a la molienda?
5. ¿Qué beneficios traerá la mejora del cuarto de compresores y cómo será su implementación?
6. ¿Se logrará garantizar fiabilidad del proceso de producción con este nuevo sistema?

2.4 OBJETIVOS

“Los objetivos señalan qué es lo que queremos conocer acerca del objeto de estudio y qué cuestiones se pretenden indagar. Se marcan las metas que se han de conseguir de una manera planificada” (Documento UNIDAD 2: Los objetivos de investigación, s. f.).

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer una migración a nivel de hardware y software del molino anexo y gabinete de dosificadores, reemplazando los equipos y software que requieran de una actualización para de esta forma asegurar un funcionamiento eficiente, rápido y a largo plazo del sistema, de igual forma implementar un plan efectivo para el cuarto de compresores.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Desarrollar el reemplazo de las periféricas descentralizadas SIMATIC ET200L por una versión más moderna y que permita la ampliación del sistema de control. Para así asegurar un funcionamiento a largo plazo del control a nivel de hardware del molino anexo.
- ✓ Determinar la parametrización de los variadores G120 y lograr una conexión con el plc s71200.
- ✓ Establecer el tipo de red industrial, actualmente Profibus a una red Profinet. Debido a su superioridad en transmisiones de datos. Brindando así un sistema más rápido, eficiente y eficaz.
- ✓ Lograr un control remoto del cuarto de compresores. Para evitar desperdicios de energía.

2.5 JUSTIFICACIÓN

La periferia descentralizada ET200L llegó a ser una opción muy viable de automatizar procesos de control. Debido a su tamaño compacto para aquel tiempo y la facilidad de instalación y uso. Sin embargo, actualmente existen nuevas versiones de periféricas descentralizadas que ofrecen mayor ventaja de beneficios que la ET200L no llega a alcanzar.

La unidad periférica ET200L se compone de un bloque de terminales y un módulo electrónico. Además, ofrece una red de comunicación PROFIBUS DP. Cabe destacar que su mayor desventaja es que la versión bloque ET200L no es ampliable. Además de su baja velocidad de transmisión que es de 1,5 Mbits/s.

Eso sin mencionar que se está volviendo una unidad obsoleta y un error en su funcionamiento podría ocasionar paradas de producción, tiempo de reprogramación y puesta en marcha demorada.

Es por ello que la migración de software y hardware se convirtió en una solución preventiva que permitirá obtener una mayor ganancia económica y garantizará la fiabilidad del proceso de producción, aumentando el rendimiento del mismo.

III MARCO TEÓRICO

3.1 NOMBRE Y DEFINICIÓN DEL PRODUCTO: HARINA DE TRIGO

El trigo es uno de los tres granos más ampliamente producidos globalmente. Debido a que ha acompañado a la humanidad desde tiempos remotos. "En 2007 ocupó el tercer lugar entre los cereales más cultivados después del maíz y el arroz, con una producción mundial de más de 600 millones de toneladas" (El País, 2018).

Este grano se utiliza para la preparación de harinas, entre otros productos alimenticios.

Para poder obtener la harina, el trigo debe pasar por una cantidad de procesos que se llevan a cabo en un molino. El cual es una maquina o ingenio cuya función es la de moler sustancias sólidas. También recibe este nombre el edificio que la alberga.

Dado que el trigo ha estado con nosotros desde el inicio de las civilizaciones, se dice que el primer molino fue precisamente la mandíbula del hombre en las cavernas. El cual se perfecciono luego en un sistema que involucraba dos piedras para aplastar y golpear el trigo que se colocaba entre ellas. Y así evolucionar hasta los molinos industriales que conocemos hoy en día.

3.2 MOLINO HARINERO SULA, S.A.

El Molino Harinero de Sula, como su nombre lo indica, es una empresa que se centra principalmente en la elaboración de la harina de trigo. "Siendo una empresa líder en la producción de las mejores marcas de harina del país: El Panadero, El Gallo, La Rosa, El Águila, La Cumbre, Golden Cake y Goose Down" (La Prensa, 2018).

Su lema "contribuimos con su bienestar", nos indica que es una empresa que invierte en el crecimiento de su planta y acondicionamiento de la misma. Obteniendo la certificación FSSC ISO-22000, la cual garantiza la inocuidad en sus productos. Inocuidad se refiere al conjunto de condiciones y medidas necesarias en todos los procesos que involucran la creación del producto, asegurándonos que su consumo no representara ningún tipo de riesgo para la salud de los clientes.



ILUSTRACIÓN 1. MOLINO HARINERO SULA, S.A.

Fuente: (Página Oficial de Molino Harinero Sula)

3.2.1 ELABORACIÓN DE HARINA EN MOLINO HARINERO SULA

“En los últimos cinco años, se invirtieron más de 8.5 millones de dólares en cuatro áreas de producción: materia prima, molienda, empaque y fábrica de pastas” (Molino Harinero Sula, 2016).

Para objeto de este informe y proyecto, nos enfocamos en el área de molienda, específicamente el Molino Anexo y gabinete de dosificadores.

3.2.2 MOLIENDA

En esta área es donde se muele el grano del trigo, comprimiendo su tamaño a través de molinos de tipo rodillo, para ser procesado como harina y posteriormente ser enviado al área de empaque.

Por medio de una serie de procesos se separa el salvado y germen del endospermo. El cual debe ser reducido hasta obtener harina. Para que finalmente se le agreguen las distintas vitaminas, aditivos y preservantes obteniendo así diferentes tipos de harina.

La molienda cuenta con cuatro molinos: el Molino 3, Molino 5, Molino 7 y Molino Anexo.

En este proyecto se realizó una migración a nivel de hardware y software para el Molino Anexo y gabinete de dosificadores. En un intento de mejorar la producción y evitar que el sistema de control quedara completamente obsoleto. Es por ello que a continuación se ira explicando de forma detallada cada componente implicado en la ejecución del mismo.

3.3 SISTEMA DE CONTROL

“El control industrial, en su sentido más amplio, comprende todos los métodos utilizados para controlar el desempeño de un sistema eléctrico” (Wildi, 2007). Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema, La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados, con pocas probabilidades de fallos. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de controladores de automatización programables (PAC).

Un sistema de control ideal debe ser capaz de lograr su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido.
- Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

“En general, el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control” (Ramírez, & Pérez, 1996).

3.3.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- Sensores. Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- Controlador. Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- Actuador. Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

Hay dos tipos de sistemas de control automático: de lazo abierto y de lazo cerrado.

3.3.2 SISTEMA DE LAZO ABIERTO

Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control que se caracterizan por carecer de sensores que informen al sistema del estado en el que se encuentra. El proceso automatizado se hace siempre igual sin poder comprobar si se hace correctamente.

“Los sistemas en lazo abierto son económicos pero normalmente inexactos” (Kuo, 1995).

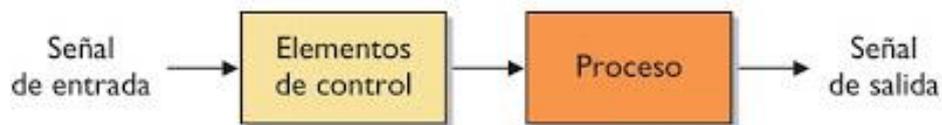


ILUSTRACIÓN 2. CONTROL DE LAZO ABIERTO

Fuente: (Fuente: (<http://tecnologiagama2000seda.blogspot.com/2016/04/tipos-de-sistemas-de-control.html>))

3.3.3 SISTEMA DE LAZO CERRADO

Los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control que se caracterizan por tener sensores que vigilan el proceso. Dichos sensores controlan la salida del sistema e incluyen dicha información en la entrada del sistema. Esto se conoce como la realimentación, que no es más que un mecanismo por el cual una cierta proporción de la salida de un sistema se redirige a la entrada, con objeto de controlar su comportamiento.

“El control de lazo cerrado puede definirse como el uso de una diferencia de señales, determinada comparando el valor real de la variable de proceso y el deseado, como medio para controlar un sistema” (Bahón & Giner, 2004)

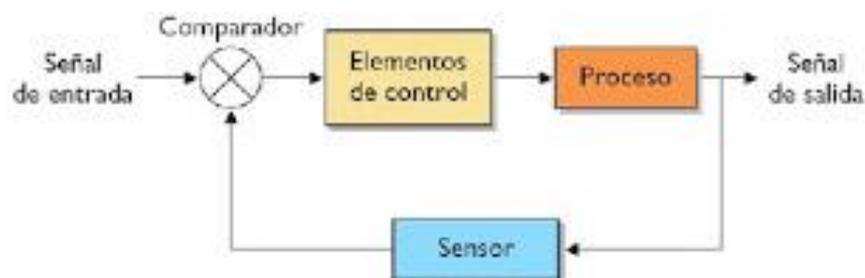


ILUSTRACIÓN 3. SISTEMA DE LAZO CERRADO

Fuente: (<http://tecnologiagama2000seda.blogspot.com/2016/04/tipos-de-sistemas-de-control.html>)

3.4 CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

“El control lógico programable (PLC) es una forma especial de un controlador basado en un microprocesador que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones de lógica, secuencia, temporizadores, contadores, y aritmética, para controlar máquinas y procesos” (Bolton, 2006).



ILUSTRACIÓN 4. PLC SIMATIC S7-1200 1215C

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

Como toda innovación, esta idea del PLC nació a partir de una necesidad. Darle una solución al control de circuitos complejos de automatización. Presentando un sistema eficaz y eficiente que pudiera reducir el enorme costo que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés. El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control.

“El primer PLC fue llamado Modular Digital Controller (MODCON 084), creado por Bedford Associates a finales del año 1960” (Segovia & Theorin, 2012). Este debía ser fácilmente programable, con larga vida útil y resistente a ambientes difíciles. Fue por esta razón que los relés se reemplazaron por elementos de estado sólido y como punto más importante, cuando un sistema debía ser cambiado, lo único que debía modificarse era el sistema y no el hardware.

Actualmente, los PLC's nos ofrecen múltiples ventajas, dentro de las cuales sobresalen las siguientes:

- Su instalación es bastante sencilla, además de ocupar poco espacio y la posibilidad de manejar múltiples equipos de manera simultánea gracias a la automatización.
- Hay un mejor monitoreo de los procesos, lo que hace que la detección de fallos se realice rápidamente.
- Se ahorran costos adicionales como los de operación, mantenimiento e incluso energía.

Las habilidades de comunicación de estos autómatas comenzaron a aparecer en 1973 aproximadamente. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). "El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico" (Universidad Nacional de Córdoba, 2004).

El PLC que rige el sistema del Molino Anexo es de la familia SIMATIC 1500. Para los gabinetes dosificadores se cuenta con el PLC 1200.

3.4.1 ESTRUCTURA EXTERNA GENERAL DE LOS PLC'S

El término estructura externa o configuración externa de un Controlador Lógico Programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta
- Estructura semimodular. (Estructura Americana)
- Estructura modular. (Estructura Europea)

3.4.1.1 ESTRUCTURA COMPACTA

Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. "Son los autómatas de gama baja o nano autómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando" (Nuevos Negocios en la Red, 2014).



ILUSTRACIÓN 5. LOGO! SIEMENS, ESTRUCTURA COMPACTA

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

3.4.1.2 ESTRUCTURA SEMIMODULAR

Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S. Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

3.4.1.3 ESTRUCTURA MODULAR

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen. Son los autómatas de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.



ILUSTRACIÓN 6. ESTRUCTURA SEMIMODULAR Y MODULAR SIEMENS

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

3.4.2 PARTES DE UN PLC

Las partes que se encuentran en todo PLC son las siguientes:

3.4.2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía eléctrica a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

En los circuitos interiores de una fuente de alimentación se transforma la tensión alterna de la red a tensión continua, en niveles que garanticen el funcionamiento del hardware del PLC.

3.4.2.2 MÓDULO DE MEMORIA

Usualmente se le llama memoria. Se encarga del componente del PLC encargado de guardar el programa en una memoria, la cual puede ser volátil, denominándose como memoria RAM, o no volátil, donde toma el nombre memoria ROM.

3.4.2.2.1 MEMORIAS RAM

Es una memoria de acceso aleatorio de lectoescritura. A través de este se pueden ejecutar diversos procesos de lectoescritura usando procedimientos eléctricos.

Estas por ser volátiles pueden perder fácilmente su contenido al momento de cortarse la energía eléctrica, por ello necesitan de un sistema que le respalde como es una batería eléctrica.

3.4.2.2.2 MEMORIA ROM

Se trata de una memoria de solo lectura, donde su contenido puede ser leído fácilmente pero nunca se puede escribir en él. La información que contienen al igual que sus datos son grabados por el fabricante, lo cual nunca podrá ser alterado.

Esta memoria mantiene su contenido intacto aun cuando se genera una falta de energía eléctrica, ya que es del tipo no volátil. Estos no requieren de batería para respaldar la información cuando no haya energía eléctrica.

3.4.2.3 MÓDULOS

Es una de las partes que más caracteriza a los PLC, ya que es a través de sistema de entrada y salida que se llega a diferenciar de un computador, los cuales se presentan como módulos especiales para hacer posible la conexión física entre la unidad de procesamiento y el mundo exterior.

3.4.2.3.1 MÓDULOS DE SALIDA

A través de esta parte del PLC las señales eléctricas son enviadas a los equipos de la instalación que llegan a ser controlados.

3.4.2.3.2 MÓDULO DE ENTRADA

Estos se encargan de acaparar toda señal eléctrica procedente de los equipos de instalación, lo cual llega a controlar el proceso.

3.4.2.4 PUERTO DE COMUNICACIONES

Se trata del medio de comunicación que usa el PLC con la interfaz, con los periféricos, las unidades de programación, con otros PLC, etc.

3.4.2.5. CPU

Se trata de la Unidad Central de Proceso, lo cual se encarga de mantener bien controlada la secuencia en la cual el programa se ejecuta, también se encarga de coordinar la comunicación entre los distintos elementos que componen el PLC, y a la vez ejecuta todas las operaciones lógicas y a la vez aritméticas. La unidad central está diseñada en base a microprocesadores y memorias.

“Se presenta como un elemento inteligente que tiene una gran capacidad para interpretar y leer todas las instrucciones que son cargadas en la memoria, donde llega a tomar decisiones en base a estos estados de entrada sobre las salidas” (Maloney, 2006).

3.5 PROFINET Y PROFIBUS

“Profibus y Profinet son dos protocolos de comunicación diferentes para uso en automatización industrial ampliamente implementados y desarrollados por la misma organización, PI (Profibus & Profinet International)” (PNO. 2006). Profibus es un bus de campo en serie clásico basado en RS 485, y Profinet es un estándar de Ethernet industrial. Comparten

similitudes debido a su origen común, pero Profinet tiene capacidades adicionales que le permiten ofrecer una comunicación más rápida y más flexible.

	Profibus	Profinet
Organización	PI	PI
Definición de hardware	Archivos GSD	Archivos GSD
Perfiles de aplicación	Iguals	Iguals
Capa física	RS 485	Ethernet
Velocidad de tx de datos	12 Mbit/s	1 Gbit/s o 100 Mbit/s
Telegrama	244 bytes	1.440 bytes (cíclico)
Espacio de direccionamiento	126	Ilimitado
Tecnología	Maestro/esclavo	Proveedor/consumidor
Wireless	Posible	IEEE 802.11, 15.1
Motion	32 ejes	>150 ejes
Machine-to-machine	No	Sí
Integración vertical	No	Sí
Conectividad	PA + otros	Muchos buses

TABLA1. PROFIBUS VRS PROFINET

Fuente: (AADECA Revista, 2018)

3.5.1 PROFINET

“En el contexto de la Totally Integrated Automatio n (TIA), PROFINET es la evolució n lógica del bus de campo Profibus DP y de la Industria Ethernet. La experiencia de ambos sistemas ha sido y está siendo integrada en PROFINET” (Jiménez, Yuste, & Martínez, 2012).

Este estándar de comunicacio nes nos brinda muchas ventajas como ser flexibilidad, gracias al empleo de Ethernet y de los acreditados estándares IT. Ahorro de energía y puesta en marcha gracias a la modularización. Incluso, es más rápida que los actuales buses especiales.

Para comunicacio nes con periferas descentralizadas tenemos el PROFINET IO. El cual se basa en 15 años de experiencia con Profibus DP y combina las propiedades de uso habituales en Profibus con la incorporació n de innovadores conceptos de tecnología Ethernet. Con ello se garantiza la migració n sin problemas de Profibus DP al entorno PROFINET. Además, se aplica una tecnología de conmutació n que permite a cualquier estació n acceder a la red en todo momento. Así, la red permite un uso mucho más efectivo gracias a la transmisió n de datos

simultánea de varias estaciones. El modo dúplex del sistema Switched Ethernet permite transmitir y recibir simultáneamente. Y transmite datos a 100Mbits /s.



ILUSTRACIÓN 7. LOGO DE PROFINET

Fuente: (Página Oficial de Profinet y Profibus)

3.5.2 PROFIBUS

“Profibus es protocolo que proporciona una solución de uso general para tareas de comunicación maestro/esclavo y perfiles de protocolo de las industrias de automatización de procesos, seguridad y control de movimiento” (Soria, 2018).

La especificación de Profibus-DP (Periferia Descentralizada) ha sido diseñada para el intercambio de datos de alta velocidad a nivel de campo (controladores programables). En este nivel la comunicación se realiza principalmente con elementos de entrada/ salida, válvulas, etc. Aquí el intercambio de datos es básicamente tipo cíclico. Su velocidad de transmisión es de 9.6kbit/s a 12Mbit/s.



ILUSTRACIÓN 8. LOGO DE PROFIBUS

Fuente: (Página Oficial de Profinet y Profibus)

3.6 PERIFERIA E/S DESCENTRALIZADA O DISTRIBUIDA.

La periferia descentralizada, también conocida como Distribuida o E/S Remotas, consiste en implementar las señales de E/S próximos a los sensores, instrumentos y actuadores de nuestro Sistema de Control, normalmente por medio de alguna red industrial, reduciendo el cableado y por ello la masificación de canalizaciones y armarios de control.

“Los sistemas de periferia distribuida o descentralizada son equipos de adquisición de señales de los dispositivos a pie de proceso para que puedan transmitirse al PLC de control a través del bus de campo” (Pérez, 2004).

3.6.1 VENTAJAS PERIFERIA DESCENTRALIZADA

- Reduce dimensiones de tableros.
- Reduce el número de cables y mangueras.
- Reduce los tiempos muertos de la máquina o proceso.
- Facilidad de ampliaciones y modificaciones.
- Reduce canalizaciones.
- Facilita la identificación de E/S
- Ayuda al diagnóstico y reparación de averías.

3.6.2 DESVENTAJAS PERIFERIA DESCENTRALIZADA

- Incremento de la arquitectura de comunicaciones.
- En función del bus o red de control que elijamos, también incrementará el número de equipos para las comunicaciones.
- Inseguridad al personal con falta experiencia en automatización.

3.6.3 CONDICIONES PARA PODER UTILIZAR LA PERIFERIA DESCENTRALIZADA

- Máquina o proceso que contenga un número elevado de E/S.
- Instalaciones en donde no se cuente con espacio para canalización, tableros cables y mangueras.
- Sistemas de control que en un futuro se pueda modificar y ampliar.

- Máquina o proceso que tenga distribuidos los sensores y actuadores.

Anteriormente el Molino Harinero Sula contaba con las periferias descentralizadas ET200L. Debido a que esta unidad está quedando obsoleta, se decidió cambiar las ET200L por unas más modernas y más completas. Siendo elegida por esta razón las ET200-SP.

3.6.4 PERIFERIAS DESCENTRALIZADAS ET200



ILUSTRACIÓN 9. RESUMEN DE GAMA DE PRODUCTOS ET200

Fuente: (Página Oficial SIEMENS)

“Al configurar una instalación, los módulos de entrada/salida se montan normalmente de forma centralizada en el autómatas programables. En el caso de que las entradas/salidas estén a unas distancias mayores del autómatas programables, el cableado puede ser muy extenso y resultar algo confuso, y las fuentes de perturbaciones electromagnéticas existentes pueden limitar la fiabilidad” (Berger, 2013).

Para semejantes instalaciones es recomendada la aplicación del sistema de periferia descentralizada ET 200:

- la CPU del autómatas se encuentra en un punto central,
- la periferia (entradas/salidas) trabaja descentralizadamente in situ,
- el potente sistema de bus ET 200, con unas elevadas velocidades de transmisión de datos, cuida de que la CPU y la periferia comuniquen entre sí sin fricciones.

La comunicación a través de PROFINET y PROFIBUS, la ingeniería unitaria, las posibilidades de diagnóstico transparentes y la óptima conexión a controladores y equipos HMI SIMATIC son configuradas, programadas y monitoreadas a través de Totally Integrated Automation (TIA Portal).

3.6.4.1 PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200L

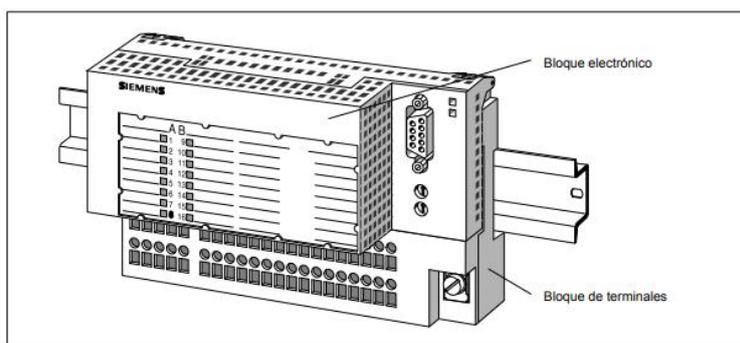


ILUSTRACIÓN 10. VISTA DE LA UNIDAD PERIFÉRICA DESCENTRALIZADA SIEMENS

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

La unidad periférica compacta SIMATIC ET 200L se compone de un bloque de terminales y un módulo electrónico.

La conexión al bus PROFIBUS DP se realiza mediante el conector integrado en el módulo electrónico.

La versión bloque de ET 200L no es ampliable.

Datos técnicos generales			
Sistema de conexión	Bornes de tornillo y resorte con cableado independiente; Estándar: conexión a 2 hilos; opcional: conexión a 3 y 4 hilos	Temperatura ambiente en pared vertical (posición de montaje preferente)	
Velocidad de transmisión, máx.	1,5 Mbits/s	• montaje horizontal	0 a 60 °C
Comunicación directa entre esclavos	Emisor (con salidas digitales y módulos mixtos ET 200L; no con L-SC o IM-SC)	• con montaje vertical	0 a 40 °C
Aislamiento galvánico	sí, entre PROFIBUS DP y electrónica interna	Humedad relativa del aire	5 a 95% (RH grado de severidad 2 según IEC 1131-2)
Tensión de alimentación	24 V DC, protegida contra inversión de polaridad	Presión atmosférica	795 a 1080 hPa
Grado de protección	IP20	Solicitaciones mecánicas:	
		• vibraciones	IEC 68, parte 2 – 6 10 - 57 Hz (amplitud const. 0,075 mm) 57 - 150 Hz (aceleración constante 1 g)
		• choques	IEC 68, parte 2 – 27 onda semisenoidal, 15 g, 11 ms

TABLA 2. DATOS TÉCNICOS GENERALES DE LA PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200L

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

3.6.4.2 PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200-SP

“Los ingenieros y los operadores de planta de todo el mundo han de diseñar procesos cada vez más eficientes y aumentar la productividad de sus instalaciones. La periferia descentralizada SIMATIC ET 200SP es una valiosa herramienta para dar una respuesta sustancial y duradera a estos retos. El sistema es muy sencillo de usar y permite, gracias a su diseño compacto, ahorrar más espacio en el armario eléctrico. SIMATIC ET 200SP se comunica por PROFINET, que, gracias a su alta velocidad de transferencia de datos, aporta un rendimiento claramente superior al de otros sistemas de red convencionales” (SIEMENS, 20011).



ILUSTRACIÓN 11. PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200-SP SIEMENS

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

La ET200-SP es una unidad muy potente a pesar de su reducido tamaño. Lo cual brinda la ventaja de ahorro de espacio, por lo tanto, también reduce el tamaño de gabinetes. Optimizando así el armario eléctrico donde se encuentre. Cuenta con un sistema de fácil inserción de cableado (Push-in), evitando la exigencia del uso de herramientas para ser cableado.

Es importante destacar que su comunicación es a través de PROFIBUS O PROFINET. Siendo este último el estándar de Ethernet de automatización líder en el mundo. “Con sus características principales que son potencia, flexibilidad y máxima eficiencia transmite volúmenes de datos de hasta 100Mbits/s full dúplex” (Alonso & Gil, 2013). El modo isócrono del bus trasero de SIMATIC ET 200SP permite una transferencia de datos sin apenas fluctuación y gracias a ello, de máxima precisión.

Respaldado bajo el Totally Integrated Automation (TIA Portal), el SIMATIC ET 200SP tiene una máxima eficiencia en la ingeniería, tanto en puesta en marcha, diagnóstico y la más alta rentabilidad de la inversión posible. Pues todos los de software futuro se pueden integrar perfectamente en el TIA Portal. Garantizando así la seguridad de futuro a largo plazo.

3.7 SCADA- SISTEMAS DE SUPERVISIÓN DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS

“Los sistemas de supervisión de control y adquisición de datos permite la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interface gráfica que comunica al usuario con el sistema (Penin, 2007).”

El término SCADA designa a los sistemas informáticos para la supervisión y control de procesos, que además recogen y analizan datos en tiempo real. Son herramientas universales, pero altamente personalizables, que se utilizan en un sin número de aplicaciones, para recoger datos, transformarlos en información que luego se despliega de forma didáctica al operador del proceso. De esta forma, éste último está en condiciones de entender las condiciones actuales del proceso y tomar de forma eficaz las decisiones indicadas para que se realice bajo condiciones óptimas de rendimiento y seguridad.

3.7.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Para poder considerar a un sistema como SCADA debe satisfacer y/o cubrir cierto requerimiento:

- Adquisición y almacenamiento de datos.
- Representaciones gráficas de las variables.
- Ejecución de acciones de control para modificar.
- Conectividad con otras aplicaciones y base de datos.
- Arquitectura abierta y flexible.
- Supervisión.
- Transmisión de información.

3.7.2 COMPONENTES DE HARDWARE NECESARIOS

3.7.2.1 ORDENADOR CENTRAL O MTU (MASTER TERMINAL UNIT)

“Este es el ordenador principal del sistema. El cual tiene como objetivo supervisar y recoger información del resto de subestaciones” (Pillai et al., 2018). Así, su principal función es la del procesamiento de la información que recibe, tras lo cual envía una serie de comandos a aquellas estaciones remotas para así mantener las variables de los procesos dentro de los parámetros establecidos. Cabe destacar que su modo de trabajo es la de interrogar de forma periódica, para así estar enviando y recibiendo información en tiempo real.

El MTU suele soportar la interface HMI.

3.7.2.2 ORDENADOR REMOTOS RTU (REMOTE TERMINAL UNIT)

Estos son dispositivos de nivel intermedio (entre los MTU y los instrumentos de campos), que puede ser PC industriales o PLC.

Estas unidades remotas se encargan de controlar todas las señales de entrada como de salida del campo: válvulas, equipos de medición, motores, etc. Básicamente se encargan de la monitorización en tiempo real de todos los dispositivos de campo y, además, almacenan todos los estados de las alarmas.

Es por ello que su función más importante es la de enviar los estados y las alarmas de los equipos en campo, al mismo tiempo que reciben órdenes de la estación maestra.

3.7.2.3 RED COMUNICACIÓN:

Pueden ser prácticamente cualquier tipo de BUS (RS 232, RS 422 Y RS 485). El cual se puede conectar mediante protocolo TCP/IP por medio de cualquier tipo de red industrial, llegando hasta la comunicación inalámbrica.

3.7.2.4 INSTRUMENTOS DE CAMPO

Son todos aquellos elementos que realizan la automatización y el control del sistema (PLC, controladores y actuadores) así como los que capturan información (sensores y/o alarmas).

3.7.2.5 LA ESTACIÓN DE SUPERVISIÓN

Permite la visualización gráfica del estado del proceso, es decir proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos

almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.

Algunos softwares de supervisión son:

- RSVIEW32, de Rockwell Software.
- InTouch, de Wonderware.
- WinCC, de Siemens.
- Coros LS-B/Win, de Siemens.
- SYSMAC SCS, de Omron.
- FIXDMACS, de Omron-Intellution.

Para este proyecto se hará uso del software SIMATIC WinCC RT de Siemens.



ILUSTRACIÓN 12. LOGO APLICACIÓN SIMATIC WINCC

Fuente: (Página Oficial de SIEMENS)

3.8 Variadores de Frecuencia

“Los variadores de frecuencia son sistemas utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna” (Martín & García, 2016). Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se suministra por un motor.

Además, ofrecen una solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono. Debido a que la electricidad que llega al

motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.

Para aplicación en el proyecto de gabinetes de dosificación, se hará uso de los variadores de frecuencia de SIEMENS SINAMICS G120 BOP (Basic Operator Panel).

3.8.1 SINAMICS G120 BOP

Su diseño modular, compuesto por una unidad de regulación (Control Unit, CU) y un módulo de potencia (Power Module, PM) para el intervalo de potencia de 0,37 kW hasta 250 kW, lo convierte en el sistema perfecto para aplicaciones estandarizadas. El gran número de componentes disponibles le permitirá diseñar un variador óptimo para sus necesidades.



A destacar
Elementos mecánicos
<ul style="list-style-type: none">• Diseño modular• Sistema de refrigeración innovador para más robustez
Electrónica
<ul style="list-style-type: none">• Realimentación, escasas perturbaciones en la red, ahorro de energía, sin resistencias de freno• Monitoreo de temperatura para el semiconductor• Safety Integrated (STO, SS1, SLS, SDI, SSM), sin encóder• Tarjeta de memoria intercambiable MMC
Comunicación
<ul style="list-style-type: none">• PROFINET, PROFIBUS, PROFIsafe, Modbus RTU, CANopen, USS, BacNet, MS/TP• Parte de la gama Totally Integrated Automation• Interacción óptima con SIMATIC

ILUSTRACION 13. DATOS TECNICOS Y G120 BOP

Fuente: (Página Oficial de Siemens)

3.8.1.1 Comunicación con el PLC

El G120 admite la comunicación con PLC de Siemens a través de USS por RS485.

La interfaz serie universal (USS), es un protocolo propietario de Siemens desarrollado en los años 90. Se trata de un protocolo maestro-esclavo, con un único maestro del bus, basado en RS485 a dos hilos y que nos va a permitir conectar hasta 16 variadores G120 por cada módulo de comunicación. Para usarlo con los S7-1200 necesitaremos un módulo de comunicaciones, bien una signal board CB1241 o bien una tarjeta CM1241. En el primer caso se conectará en el frontal del PLC, mientras que los módulos CM se conectan en el lado izquierdo de la CPU.

3.9 Motores Eléctricos

“Un motor es la parte de cualquier máquina que tiene la función de generar energía mecánica a partir de cualquier otro tipo de energía” (Martín & García, 2016).

Los motores reciben algún tipo de energía proveniente de distintas fuentes. Las fuentes de energía de los motores incluyen energía eléctrica, energía eólica, energía calorífica (casi siempre proveniente de combustibles fósiles), entre otras.

3.9.1 Clasificaciones de motores

Según el tipo de electricidad que utilizan podemos encontrar:

- Motores de corriente continua (CC/DC)- Motores que utilizan corriente continua proveniente de una fuente de alimentación como por ejemplo pilas o baterías. Siempre la misma polaridad y las cargas eléctricas circulan en la misma dirección.
- Motores de corriente alterna monofásicos (CA/AC) – Motores que utilizan corriente alterna con una fase más un neutro. Son motores que podemos encontrar en los electrodomésticos y que funcionan con la corriente de red habitual en la que la magnitud y la dirección varían cíclicamente en forma de onda senoidal.
- Motores de corriente alterna trifásicos – Este es el tipo de motores más utilizado en ámbitos industriales. Utilizan tres fases de corriente alterna y es la que provee un uso más eficiente de los conductores. Las tres ondas están desfasadas entre sí 120° y el retorno de los circuitos se acopla en un punto, neutro (en sistemas equilibrados el neutro se puede omitir).

3.9.1.1 Según la velocidad de giro del rotor

- Motores trifásicos síncronos – En los motores síncronos la velocidad de giro es constante y viene determinada por la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como “velocidad de sincronismo”.
- Motores trifásicos asíncronos – Los motores asíncronos o de inducción, son aquellos en que el campo magnético inducido por el estator gira a una velocidad denominada de “sincronismo”, como hemos visto anteriormente, mientras que la velocidad del rotor es algo inferior. El hecho de que el rotor gire más despacio que el campo magnético

originado por el estator, se debe a que, si el rotor girase a la velocidad de sincronismo, esto es, a la misma velocidad que el campo magnético giratorio, el campo magnético dejaría de ser variable con respecto al rotor, con lo que no aparecería ninguna corriente inducida en el rotor, y por consiguiente no aparecería un par de fuerzas que lo impulsaran a moverse.

“Los motores de inducción trifásicos son los más utilizados en la industria. Son simples, resistentes, baratos y fáciles de mantener” (Wildi, 2007).

Para el gabinete de dosificadores del Molino Anexo, se cuenta con cuatro motores asíncronos trifásicos de 230V. Los cuales se encargan de inyectar las distintas vitaminas a la harina.

Estos motores deben trabajar de forma sincronizada y optimizar la energía que reciben para el correcto funcionamiento de la maquinaria. La manera de garantizar que el conjunto de motores trabaje de forma adecuada es utilizar centros de control de motores.

3.9.2 Centro de Control de Motor

“Los centros de control de motores (CCM) son conjuntos de dispositivos encargados de regular el funcionamiento y accionamiento de los motores de las máquinas. Su finalidad es la de alimentar, controlar y proteger circuitos de los mismos, usando contactores o arrancadores como principales componentes de control” (Harper, 2005).

Su forma son las de gabinetes o armarios metálicos dentro de los cuales se agrupan los cubículos que son donde se encuentran las unidades de control que permiten proteger a los motores.

El uso de los Centro de Control de Motores responde a la gran tendencia en las instalaciones eléctricas a localizar los controles de motores en áreas remotas y concentrarlos en un solo gabinete.

Los CCMs son utilizados como eslabón de unión entre los equipos de generación y los consumidores finales. Ofreciendo la ventaja de integrar dentro de un mismo gabinete los sistemas arrancadores de motores de distintas áreas de una planta, así como el sistema de distribución y comunicación de la misma, al utilizar este equipamiento se reducen los costos ya que la líneas de alimentación y comunicación llegan a un solo lugar (El CCM) y desde allí salen los cables de poder y de control hacia las cargas finales.

3.9.2.1 Ventajas de los CCM

Como lo detalla Enríquez Harper en su libro “El ABC de las instalaciones eléctricas” las principales ventajas que ofrece el uso de centros de control de motores incluyen:

- Automatización del funcionamiento de los motores
- Mínimo costo de supervisión
- Capacidad de operar individualmente los motores
- Efectivas medidas de seguridad
- Protección de los motores ante eventuales variaciones de energía o descargas

3.10 Compresores Industriales

“Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles, gases y vapores, sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión” (Fernández, 2010). En esta última característica precisamente, se distinguen de las soplantes y ventiladores que manejan grandes cantidades de fluidos compresibles (aire, por ejemplo) sin modificar sensiblemente su presión, con funciones similares a las bombas de fluidos incompresibles. Un compresor admite gas o vapor a una presión p_1 dada, descargándolo a una presión p_2 superior. La energía necesaria para efectuar este trabajo la proporciona un motor eléctrico o una turbina de vapor.

Con esto podemos decir que el funcionamiento básico de los compresores consiste en tomar aire, comprimirlo y liberarlo a una velocidad alta. Esto le permite a un compresor efectuar varias actividades o tareas.

Es importante destacar que una empresa utiliza varios compresores para darle potencia a su producción. Si estos no están correctamente programados, pueden ir de encendido a apagado creando así peleas por control unos con otros. Estas peleas constantes causan fluctuaciones de presión que se traducen en pérdidas energéticas, además de constantes mantenimientos y revisiones que producen pérdidas monetarias también.

“Básicamente, los ventiladores, sopladores y compresores se utilizan para incrementar la presión y provocar flujo de aire y otros gases en ductos y sistemas de tuberías” (Mott, 2006).

3.10.1 Sigma Air Manager (SAM) 4.0

En el Molino Harinero Sula, se cuenta con un controlador que es capaz de regular correctamente la participación de cada compresor involucrado en los procesos de producción. Esta solución es el Sigma Air Manager 4.0 (SAM 4.0).

Kaeser (2016) afirma:

La siguiente generación de sistemas maestros de gestión de aire comprimido, utiliza el adaptable 3-Dadvanced Control para realizar la producción y el tratamiento de aire comprimido en forma más inteligente, confiable y eficiente. El 3-Dadvanced Control analiza de manera continua todos los datos de servicio, simula alternativas de acción y calcula la combinación óptima de compresores. El resultado: Eficiencia energética sin precedentes. Podrá tener una visión general en todo momento, gracias a su fácil operación, visualización y análisis. Una tecnología de red segura y un fácil acceso desde cualquier PC.

La mayoría de los controladores maestro son controladores de presión en cascada. Estos se basan en secuencias de tiempo para controlar los compresores. Otros, observan la demanda y seleccionan la unidad más adecuada. Pero no necesariamente toman en cuenta la eficiencia energética. Sin embargo, SAM 4.0 se rige por el algoritmo 3D advanced que constantemente monitorea el desempeño del sistema, realizando múltiples simulaciones cada dos segundos. Lo cual brinda el más eficiente control de energía posible.

Pueden consultarse y analizarse los estados de servicio, la evolución de la presión, el caudal y la potencia, así como posibles avisos de mantenimiento o avería, tanto los valores actuales como los pasados. Además, esta consulta puede hacerse también en remoto desde un ordenador de la oficina o a través de un portátil desde cualquier otra parte.

El controlador SAM 4.0 permite realizar la gestión de energía de los equipos acorde a la ISO 50001.

El nuevo controlador permite realizar un mantenimiento predictivo de las soplantes. Hasta el momento, el mantenimiento y las reparaciones solo podían llevarse a cabo después de que se produjera el aviso del controlador o según los plazos indicados en intervalos prefijados. Con el SAM 4.0, es posible tomar medidas antes de que la avería llegue a producirse, evitando tener que parar el sistema y los gastos o daños derivados.



ILUSTRACIÓN 14. SIGMA AIR MANAGER (SAM) 4.0

Fuente: (Página Oficial de Kaeser)

IV METODOLOGIA

El presente proyecto fue una aplicación técnica para las unidades del Molino Harinero Sula, siendo estos el Molino Anexo, Gabinete de Dosificadores y la integración y/o modificación de cada unidad correspondiente al sistema SCADA junto con una sección de compresores. Esto con el fin de tener un mejor sistema de control para las secciones mencionadas anteriormente. Garantizando de esta forma la escalabilidad y seguridad de vigencia a largo plazo.

4.1 Procedimientos y Herramientas

Como pilar para el proyecto propuesto tenemos la migración de hardware de las periferias descentralizadas ET200L a las ET200SP. Para ello fue necesario hacer una investigación sobre los circuitos eléctricos de ambas en el sistema y así lograr la conexión correcta para un buen funcionamiento de los sensores y accionamientos correspondientes. Los datos que correspondían a las ET200L fueron brindadas por el Molino Harinero Sula. Por el otro lado, las conexiones de las ET200SP fueron encontradas en el manual presentado por SIEMENS.

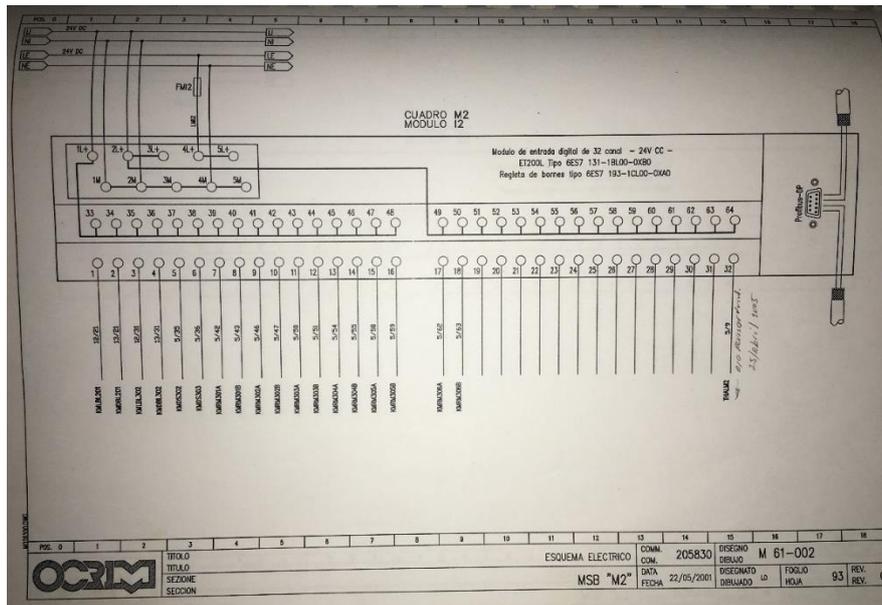


ILUSTRACIÓN 15. MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES ET200L

Fuente: (Propia)

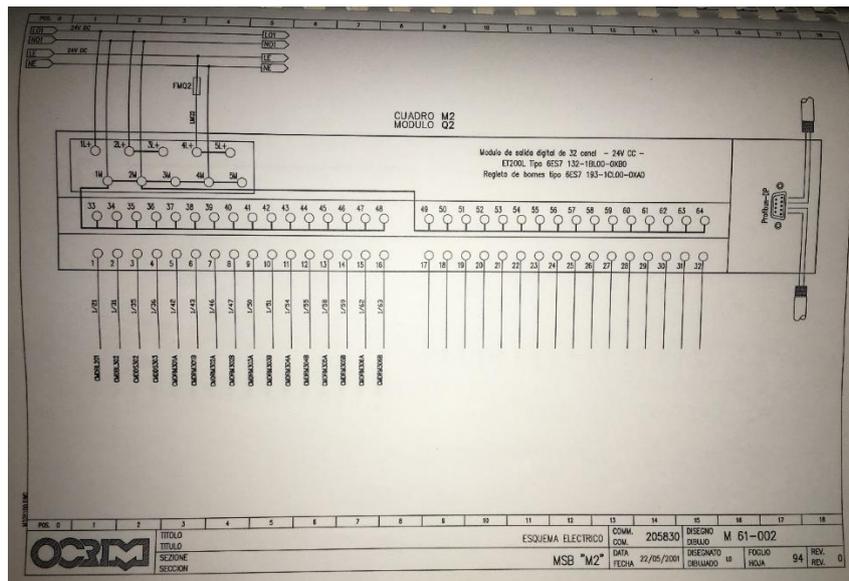


ILUSTRACIÓN 16. MÓDULOS DE SALIDAS DIGITALES ET200L

Fuente: (Propia)

Una vez lista la parte de hardware, se procedió a la parte de software. Aquí tomamos TIA Portal de Siemens como herramienta para lograr nuestro objetivo. Como tal, se colocaron las periferias SIMATIC ET200SP con sus módulos correspondientes y a su vez se le asignó una dirección específica que va de la 192.168.0.122 a la 192.168.0.128. Todo ello conectado al PLC 1500, el cual es el encargado de regir el proceso general del Molino Anexo, junto con el SCADA.

Cabe destacar que se utilizaron 7 periferias descentralizadas ET200SP, con interfaz Profinet. Cambiándose también de Profibus DP a Profinet, dado que este último resulta ser más eficaz y eficiente.

4.1.2 Método y Enfoque

A medida iba avanzando el proyecto se fueron involucrando nuevas necesidades por parte del cliente. Siendo esta, una integración del sistema de compresores al SCADA. Para así llevar un mejor control del mismo.

Por este motivo podemos determinar que se hizo uso de la investigación aplicada. Pues ésta es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas. Haciendo énfasis del estudio, está en la resolución práctica de problemas y centrándose

específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado.

Como lo indica el pedagogo, filósofo, sociólogo y ensayista argentino Ezequiel Ander-Egg Hernández, “la investigación aplicada es una solución eficiente y con fundamentos a un problema que se ha identificado”.

4.1.2.1 Variable Independiente

La variable independiente se conceptualiza como la causa o razón del fenómeno a investigar.

- ✓ Migración de software y hardware como variable independiente.

4.1.2.2 Variable Dependiente

Mientras que la variable dependiente como bien indica su nombre, es aquella cuyo valor depende de la variable independiente. Siendo estos los efectos de la migración.

- ✓ Programación de variadores de frecuencia
- ✓ Establecimiento de comunicación USS, Modbus Client, SCADA y módulos Profibus DP.
- ✓ Integración del control del cuarto de compresores al sistema SCADA del Molino.

4.2 Hipótesis

¿Se logrará un correcto funcionamiento del sistema de control del Molino Anexo, Gabinete de Dosificadores y compresores erradicando todos los equipos que están obsoletos o próximos a quedar?

4.3 Cronograma de Actividades

Actividad	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investigación de campo a INVEMA	█									
Investigación de campo a GRANEL										
Asistencia en Panel de Control para PRONORSA	█		█							
Creación de 3 vlans en AINSA	█	█		█	█	█				
Visita técnica a Panadería La Popular (Copan)	█									
Investigación de Campo Molino Harinero Sula		█								
Investigación de migración de ET200L a ET200SP	█	█								

V RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 Periferias Descentralizadas ET200L

EL Molino Anexo, contaba con un total de siete periferias descentralizadas ET200L. La función de éstas era la de controlar las señales de entrada y salida de los distintos sensores y motores que conforman el funcionamiento del mismo. Específicamente un total de 53 motores, 13 válvulas neumáticas y 4 basculas. Cada periferia tiene su propia identidad en código para el reconocimiento de cada una de ellas. Siendo estos códigos los siguientes: M1, M2-1, M2-2, M2-3, JB1, JB2 Y JB3.

El Molino Harinero Sula, decidió ejecutar el reemplazo de las ET200L como plan de mejoramiento e innovación para su planta, debido a que estas unidades se consideran arcaicas actualmente. Es por ello que representan un número importante de limitantes. Pues por el hecho de no ser ampliables, frenan el crecimiento del sistema.

Para garantizar la escalabilidad y seguridad de futuro a largo plazo se decidió sustituir las SIMATIC ET200L por las ET200SP. A continuación se mostraran algunas de las unidades antes de ser reemplazadas.

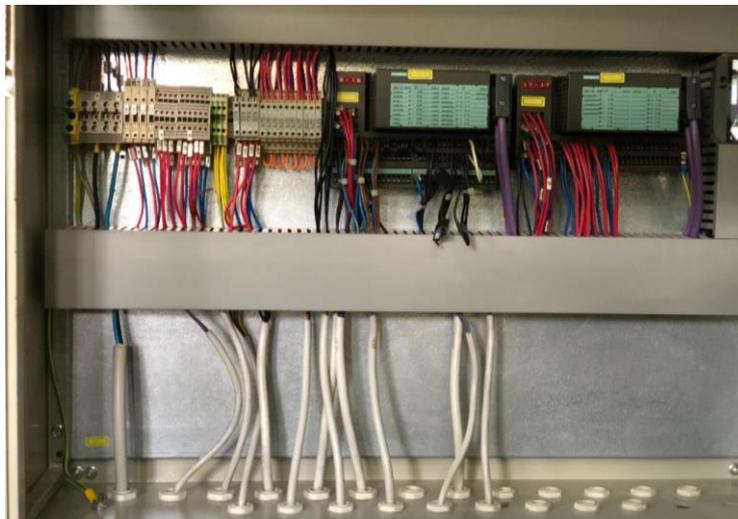


ILUSTRACIÓN 17. CCM JB1

Fuente: (Propia)



ILUSTRACIÓN 18. CCM M2-1

Fuente: (Propia)

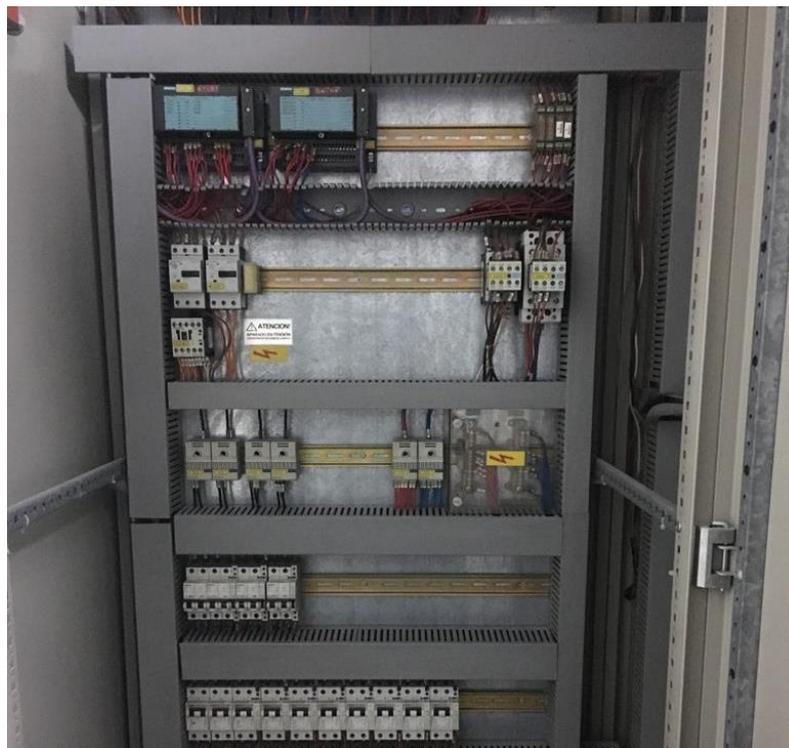


ILUSTRACIÓN 19. CCM M2-2

Fuente: (Propia)

Cuando se hizo el estudio de cada centro de control de motor, se pudo observar que los relees se encontraban en mal estado, es por ello que también se reemplazaron.

5.2 Periferias Descentralizadas ET200SP

Se instalaron siete ET200SP conservándose los nombres correspondientes de las unidades anteriores. Cabe destacar que se cambió de comunicación PROFIBUS DP a PROFINET IO. Esto debido a que la velocidad de transmisión en PROFINET IO es de 100Mbit/s mientras que la de PROFIBUS DP es de 12Mbits/s. Además de que PROFINET cuenta con todos los beneficios que PROFIBUS ofrece, sumándole los beneficios de Ethernet a su vez. Para lograr esto se tiró la nueva línea de cableado de comunicación PROFINET desde la unidad de control hasta las diferentes periferias. Instalando su terminal específica con la ayuda de un pelacable PROFINET para empalmar la terminal. Además de esto se les otorgo una dirección Ethernet a cada periferia de la siguiente manera:

Código de ET200SP	Dirección Ethernet
M1	192.168.0.122
M2-1	192.168.0.123
M2-2	192.168.0.124
M2-3	192.168.0.125
JB1	192.168.0.126
JB2	192.168.0.127
JB3	192.168.0.128

TABLA 3. DIRECCIONAMIENTO DE PERIFERIAS DESCENTRALIZADAS

Fuente (Propia)

5.2.1 Módulos en ET200 SP

Cada periferia se compone de los siguientes módulos:

- ✓ Módulo de interfaz IM 155-6PN ST. El cual es específicamente para Profinet IO. Éste es el encargado de intercambiar datos entre el controlador de nivel superior y los módulos de periferia.

- ✓ Bus Adapter. Este permite escoger el tipo de conexión para Profinet IO. Pudiendo ser RJ45, fibra óptica, cable de bus, etc. Para este proyecto se hizo uso de la conexión RJ45.
- ✓ Módulos de entrada y salida/analógica y digital. Siendo estos los que determinan las señales en los bornes. A través de los sensores y actuadores conectados, el controlador detecta el estado actual del proceso y dispara las reacciones correspondientes.
- ✓ Modulo servidor. Este es el encargado de cerrar la configuración del ET200SP.



ILUSTRACIÓN 20. ESTRUCTURA DE ET200 SP

Fuente: (Propia)

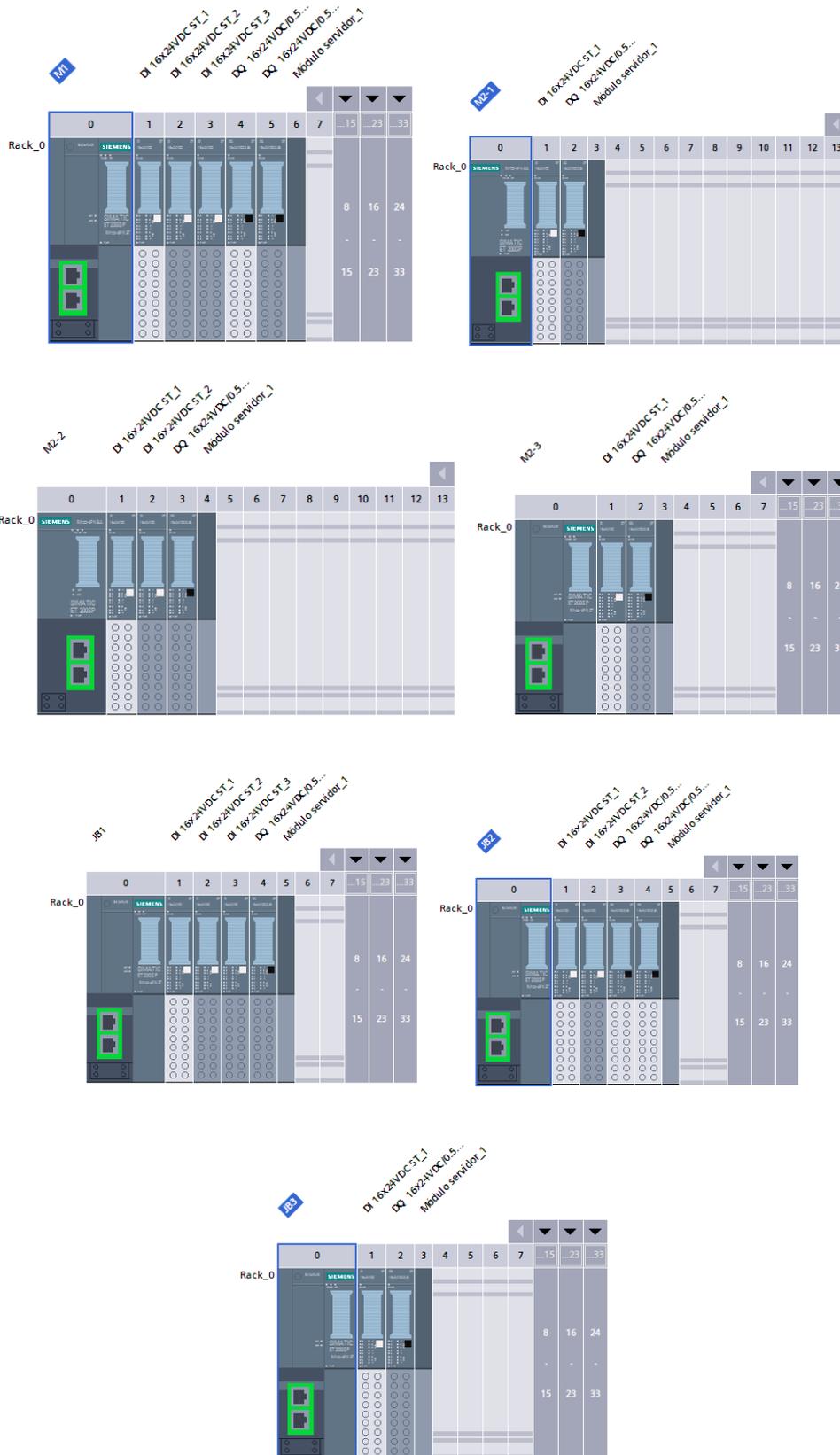


ILUSTRACIÓN 21. MODULOS DE ET200 SP-VISTA DE DISPOSITIVOS TIA Portal
 Fuente: (Propia)

5.3 Variadores de Frecuencia G120

Por parte del Molino Harinero Sula fue solicitada la instalación de 6 variadores de frecuencia G120. Los cuales servirían para dosificar la cantidad de vitaminas y blanqueador que se le estaría insertando a las harinas. Las actividades realizadas fueron la instalación de los seis variadores y su correspondiente parametrización. El tipo de comunicación elegida fue la USS, debido a que es más barata dado que no debe instalarse una tarjeta de red a cada variador, sino que solo se instala un solo módulo de comunicación en el PLC, no demanda módulos de E/S para satisfacer señales específicas como ser arranque, paro, giro, resetear fallo, etc, ni cables apantallados. Lo que hace este protocolo es una técnica de envío y recepción de toda la información del drive a controladores de mayor jerarquía, mediante un conducto de 2 hilos en RS485.

Para implementarlo se instaló un módulo de comunicación CM1241, el cual va conectado al lado izquierdo de la CPU. En este caso a un S7-1200, que es el encargado de controlar el área de Dosificaciones.

Debido a que el tipo de comunicación era algo nuevo, se hizo un cambio a nivel de programación. Aclarando que ya existía una programación que controlaba el funcionamiento del Molino Anexo y gabinete de Dosificadores. Lo que se hizo fue modificar parte de la misma para adaptarla a las especificaciones del proyecto. Seguidamente, se realizó la parametrización correspondiente de cada variador.

Para programar la comunicación USS, agregamos 2 bloques en TIA Portal: "USS_PORT" y "USS_DRIVE"

5.3.1 USS_PORT

La instrucción "USS_PORT" edita la comunicación a través de la red USS. Esta instrucción se utiliza para controlar la transferencia a o desde un accionamiento.

Parametro	Tipo de Datos	Descripcion
PORT	PORT	Identificación del puerto de comunicación PtP
BAUD	DINT	Velocidad de transferencia para la comunicación USS.
USS_DB	USS_BASE	Referencia al DB de instancia de la instrucción "USS_DRIVE".

ERROR	BOOL	Si se presenta un error, ERROR se pone a TRUE. En la salida STATUS se visualiza un código de error correspondiente.
STATUS	WORD	Valor de estado de la solicitud. Indica el resultado del ciclo o de la inicialización. Encontrará más información acerca de algunos códigos de estado en la variable "USS_Extended_Error".

TABLA 4. USS_PORT

Fuente (Sistema de Información TIA Portal)

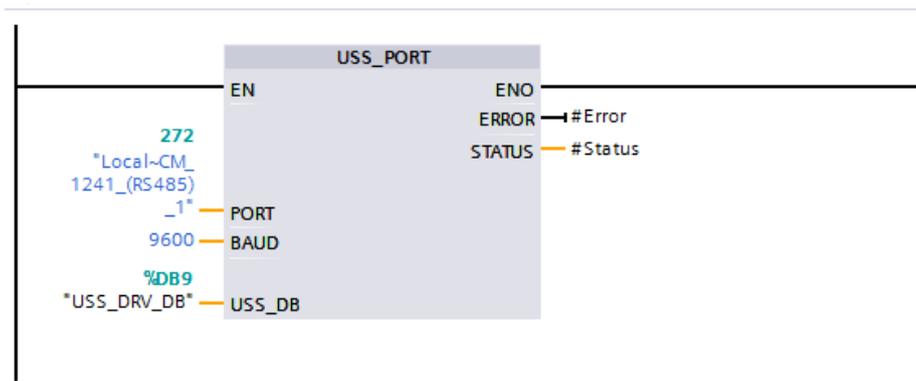


ILUSTRACIÓN 22. BLOQUE USS_PORT

Fuente: (Propia)

Como se observa, primero debe seleccionarse el puerto correcto para la comunicación USS. Dado que nuestro módulo USS es un lateral seleccionamos el CM 1241.

Seguidamente colocamos la velocidad de transferencia para la comunicación USS, siendo la máxima 9600 baudios.

Por su parte, el USS_DB corresponde al DB creado por el USS_DRIVE.

5.3.2 USS_DRIVE

La instrucción "USS_DRIVE" intercambia datos con el accionamiento creando avisos de solicitud y evaluando los avisos de respuesta del accionamiento. Cuando se produce la primera ejecución de "USS_DRIVE", se inicializa el accionamiento indicado en la dirección USS (parámetro DRIVE) en el DB de instancia. Después de la inicialización, las siguientes instrucciones "USS_PORT" pueden iniciar la comunicación con el accionamiento en este número de accionamiento.

Durante la ejecución de la instrucción "USS_DRIVE" no se realiza ninguna transferencia de datos. Tras la ejecución de "USS_PORT" se comunica con los accionamientos. "USS_DRIVE" configura solo los avisos que deben enviarse y evalúa los datos recibidos en una solicitud anterior.

Parametro	Tipo de Datos	Descripcion
RUN	BOOL	Bit de inicio del accionamiento: Si el parámetro tiene el valor TRUE, permite a la entrada utilizar el accionamiento con la velocidad determinada.
OFF2	BOOL	Bit "Finalizar en parada": Si el parámetro tiene el valor FALSE, el bit inicia la parada del accionamiento sin frenar.
OFF3	BOOL	Bit de parada rápida - Si el parámetro tiene el valor FALSE, el bit provoca una parada rápida frenando el accionamiento.
F_ACK	BOOL	Bit de acuse de error - Con este bit se desactiva el bit de error de un accionamiento. Se activa después de borrar el error y así el accionamiento detecta que el error anterior no debe notificarse más.
DIR	BOOL	Control de sentido del accionamiento - El bit se activa cuando el accionamiento debe funcionar hacia delante (si SPEED_SP es positivo).
DRIVE	USINT	Dirección del accionamiento: esta entrada es la dirección del accionamiento USS. El rango válido está entre el accionamiento 1 y el accionamiento 16.
PZD_LEN	USINT	Longitud de palabra - Es el número de palabras de datos PZD. Los valores válidos son 2, 4, 6 u 8 palabras. El valor predeterminado es 2.

SPEED_SP	REAL	Consigna de velocidad - Es el porcentaje de la velocidad del accionamiento respecto a la frecuencia configurada. Un valor positivo significa que el accionamiento funciona hacia delante (si DIR tiene el valor TRUE).
CTRL	WORD	Palabra de control - Valor que se escribe en un parámetro del accionamiento configurable por el usuario. El usuario debe configurarlo en el accionamiento. Parámetro opcional.
NDR	BOOL	Nuevos datos listos - Si el parámetro tiene el valor TRUE, el bit notifica que en la salida hay datos disponibles de una nueva solicitud de comunicación.
ERROR	BOOL	Con errores - Si el parámetro tiene el valor TRUE, el bit notifica que se ha producido un error y la salida STATUS es válida. Todas las demás salidas se ponen a cero en caso de error. Los errores de comunicación sólo se notifican en las salidas ERROR y STATUS de la instrucción "USS_PORT".
STATUS	WORD	Valor de estado de la solicitud. Indica el resultado del ciclo. No es una palabra de estado emitida por el accionamiento.
RUN_EN	BOOL	Operación autorizada - El bit notifica si el accionamiento está funcionando.
D_DIR	BOOL	Sentido del accionamiento - El bit notifica si el accionamiento funciona hacia delante.
INHIBIT	BOOL	Accionamiento bloqueado - El bit notifica el estado del bit de bloqueo para el accionamiento.
FAULT	BOOL	Error de accionamiento - El bit notifica que se ha producido un error en el accionamiento. El usuario debe solucionar el fallo y activar el bit F_ACK para borrar este bit.

SPEED	REAL	Valor real de velocidad del accionamiento (valor escalado de la palabra de estado 2 del accionamiento) - El valor porcentual de la velocidad del accionamiento respecto a la velocidad configurada.
STATUS	WORD	Palabra de estado del accionamiento - El valor contiene bits de estado fijos de un accionamiento.

TABLA 5. USS_DRV

Fuente (Sistema de Información de TIA Portal)

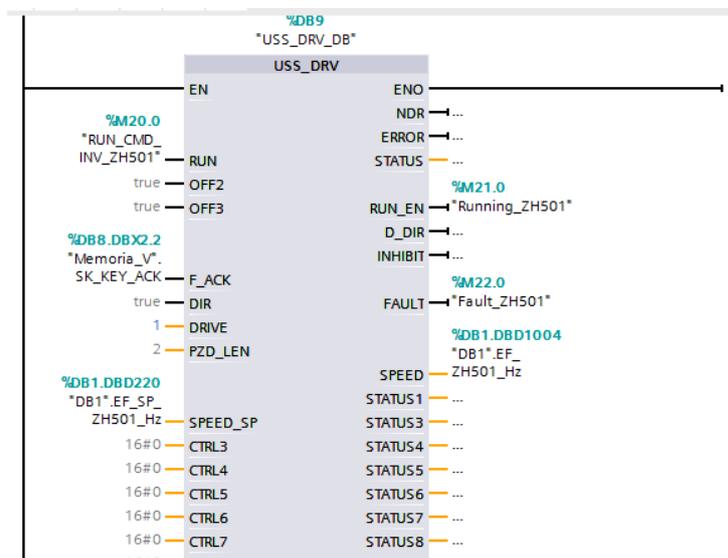


ILUSTRACIÓN 23. BLOQUE USS_DRV

Fuente: (Propia)

Es importante destacar que las variables usadas en cada bloque ya existían. Simplemente se tomaron de la programación del Molino Anexo hecha años atrás.

5.4 Parametrización de los variadores G120

El variador de frecuencia usado fue el G120 con una pantalla BOP (Basic Operator Panel) y la unidad de control CU230P-2.

Para comenzar con la parametrización se deben cumplir los siguientes requisitos:

1. La alimentación debe estar conectada
2. El Operator Panel debe mostrar consignas y valores reales.

Para efectuar la puesta en marcha se debe pulsar la tecla esc, y moverse a través de las flechas del BOP hasta que aparezca la opción "SETUP" y se selecciona esta opción. En este punto nos aparece la lista de parámetros para la puesta en marcha. Se debe ingresar las especificaciones de los motores. Finalmente se cambia el variador de automático a manual y se activa el RUN para que el variador comience a hacer el reconocimiento del motor y lo guarde en su memoria. Los cuatro motores que conforman el gabinete de dosificadores son motores asíncronos trifásicos.



ILUSTRACIÓN 24. MOTOR ASINCRONO TRIFASICO GABINETE DOSIFICADOR

Fuente: (Propia)

EUR/USA P100	HP / 60HZ: NEMA
INV VOLT P210	230 V
MOT TYPE P300	INDUCT
MOT VOLT P304	230V
MOT CURR P305	1.4A
MOT POW P307	0.25 KW

MOT FREQ P310	60Hz
MOT RPM P311	5800R PM
MOT COOL P335	SELF
MIN HZ P1080	0R PM
MAX HZ P1082	5800R PM
MOT ID P1900	2 STILL
FINISH	YES

P2020 (velocidad de transferencia)	6 → 9600 baudios
P2021 (Dirección bus de campo)	
P2022 (Bus de campo PZAD USS)	2
P2023 (Bus de campo PKW USS)	4 → palabras
P2030 (Bus de campo selección de protocolo)	1 → USS

TABLA 6. PARÁMETROS DE G120

Fuente (Propia)



ILUSTRACIÓN 25. VARIADORES DE FRECUENCIA G120

Fuente (Propia)

Se instalaron seis variadores de frecuencia, pero solo se parametrizaron y programaron cuatro debido a que solo hay 4 motores para las dosificaciones. Los dos restantes se dejaron para futuras ampliaciones o como equipo auxiliar.

Capacidad de la Balanza de Harina correspondiente a la salida analoga.	Peso correspondiente a la salida digital de la Balanza de Harina	Capacidad minima de Harina para el despacho de los aditivos
*** Ton/h	*** Kg.	*** Ton/h
Capacidad maxima dosificadores	Control Manual	Estado
ZH501: *** g/m	Ensayo	***
ZH502: *** g/m	Ensayo	***
ZH503: *** g/m	Ensayo	***
ZH504: *** g/m	Ensayo	***
ZH505: *** g/m	Ensayo	***
ZH506: *** g/m	Ensayo	***
Consigna Manual		
ZH507: *** g/m	Ensayo	***
		Selección de Tipo de Señal
		Digital
		Analoga
		Señal de entrada
		0 a 20 mA
		4 a 20 mA

	Ajuste Actual	Capacidad Actual	Estado
ZH501	0,000000 %	0,00 g/m	0
ZH502	0,000000 %	0,00 g/m	0
ZH503	0,000000 %	0,00 g/m	0
ZH504	0,000000 %	0,00 g/m	0
ZH505	0,000000 %	0,00 g/m	0
ZH506	0,000000 %	0,00 g/m	0
Capacidad Actual Harina		0,00 Ton/h	

ILUSTRACIÓN 26. SCREEN CONTROL DE GABINETE DE DOSIFICADORES

Fuente (Propia)

5.5 Dosificador DP

Este dosificador es a partir de una báscula Buhler, el control del mismo solo admite comunicación vía Profibus DP.

Aquí se utilizaron dos bloques: DPWR_DAT y DPRD_DAT para la comunicación Profibus.

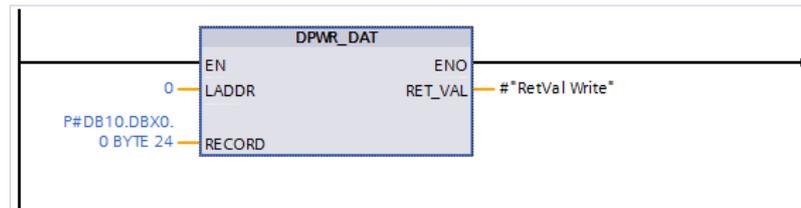


ILUSTRACIÓN 27. BLOQUE DPWR_DAT

En este bloque se realizó la escritura de datos del dosificador clasificado como ZH-507.

La instrucción "DPWR_DAT" transfiere los datos del parámetro RECORD de forma coherente al módulo direccionado del módulo central o del esclavo DP normalizado.

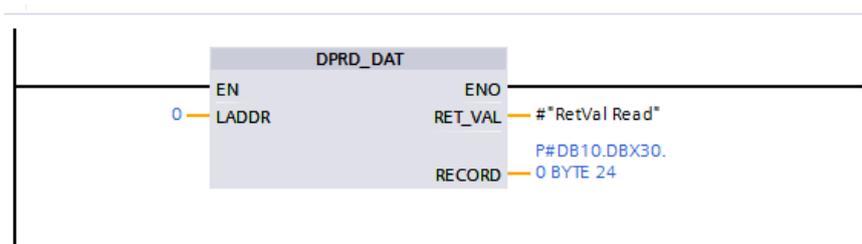


ILUSTRACIÓN 28. BLOQUE DPRD_DAT

Este parámetro sirve para la lectura de datos del dosificador. La instrucción "DPRD_DAT" lee datos coherentes de un módulo E/S.

Parámetro	Tipo de Datos	Descripción
LADDR	HW_IO	ID de hardware del módulo en el que se deben escribir los datos.
RECORD	VARIANT	Área de origen para los datos de usuario que se deben escribir.
RET_VAL	INT	Si se produce un error durante la ejecución de la instrucción, el valor de respuesta contendrá un código de error.

TABLA 7. DPRD_DAT

Fuente (Propia)

Lógicamente, los datos de lectura van hacia el DPRD_DAT, mientras que los de escritura los direccionamos al bloque DPWR_DAT. Estos datos provienen de un mapeo, el cual se descargó en la página de Buhler y se envió como archivo UDT a TIA Portal.

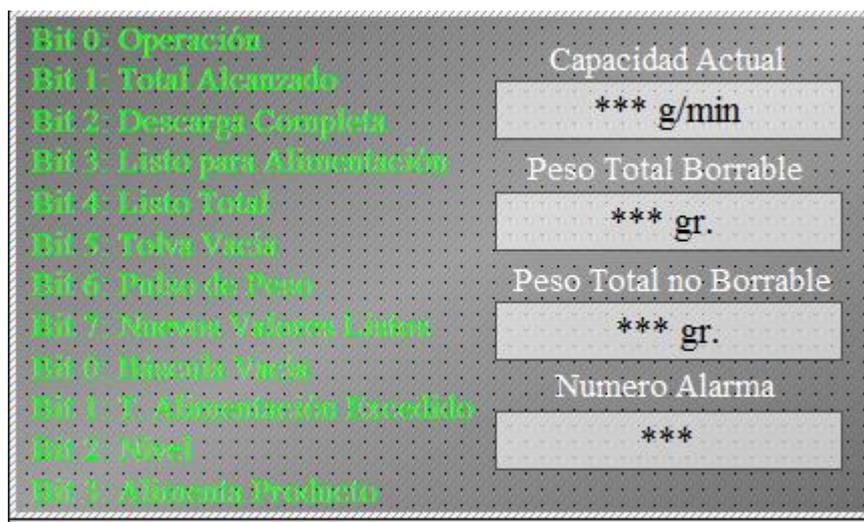


ILUSTRACIÓN 29. SCREEN CONTROL DE DOSIFICADOR DP ZH507

Fuente (Propia)

Podemos observar que en esta ventana se agruparon los datos de lectura. Están programados de tal forma que cuando uno de ellos se active, su color de fuente cambiara de negro a verde. Por su parte, la parte derecha se compone muestra los valores correspondientes a cada nombre.

5.6 Compresores SAM

Como parte del control de neumática, se requirió automatizar el manejo de los compresores utilizados en el Molino Harinero Sula para alimentar cada proceso que conlleve su involucramiento. Se cuenta con cuatro compresores y dos secadores. Los cuales son manejados por un programa de eficiencia, siendo este el SAM 4.0.

Se daba el problema que debido a lo retirado que se encuentra el cuarto de compresores, al terminar la jornada laboral, los trabajadores no iban hasta este lugar a hacer los apagados debidos. Dejando así trabajando sin necesidad el equipo durante los domingos, un día en el que no se produce.

Para abatir este problema se hizo un control automatizado y remoto del cuarto de compresores. Llevando las señales al SCADA del Molino. Y así poder controlar el arranque y paro desde cualquier equipo que ingrese al servidor, siempre y cuando cuente con la autorización para realizarlo.

El proceso para llevar a cabo este programa consistió primeramente en hacer un mapeo de todas las variables que contiene el SAM 4.0. Seguidamente, se prosiguió a hacer el programa en STEP7 y su correspondiente pantalla para el SCADA.

En este caso se usó el bloque MB_CLIENT

La instrucción "MB_CLIENT" permite la comunicación como cliente Modbus TCP a través de la conexión PROFINET. La instrucción "MB_CLIENT" permite establecer una conexión entre el cliente y el servidor, enviar peticiones Modbus y recibir respuestas, así como controlar la desconexión del cliente Modbus TCP.

Parámetro	Tipo de Datos	Descripción
REQ	BOOL	Petición Modbus al servidor TCP Modbus
DISCONNECT	BOOL	Mediante este parámetro se controla el establecimiento de la conexión y la desconexión con el servidor Modbus:
MB_MODE	USINT	Selección del modo de petición Modbus (lectura, escritura o diagnóstico) o selección directa de una función Modbus.
MB_DATA_ADDR	UDINT	en función de MB_MODE
MB_DATA_LEN	UINT	Longitud de datos: Número de bits o palabras para el acceso a los datos.
MB_DATA_PTR	VARIANT	Puntero hacia un búfer de datos para los datos que se van a recibir desde el servidor Modbus o que se van a enviar al servidor Modbus.
CONNECT	VARIANT	Puntero hacia la estructura de la descripción de la conexión
DONE	BOOL	El bit del parámetro de salida DONE se ajusta a "1" en

		cuanto se ejecuta sin errores la última petición Modbus.
BUSY	BOOL	0: Ninguna petición Modbus en proceso 1: La petición Modbus se está ejecutando
ERROR	BOOL	0: Ningún error 1: Con errores. La causa del error se indica mediante el parámetro STATUS.
STATUS	WORD	Información de estado detallada de la instrucción.

TABLA 8. MB_CLIENT

Fuente (Propia)

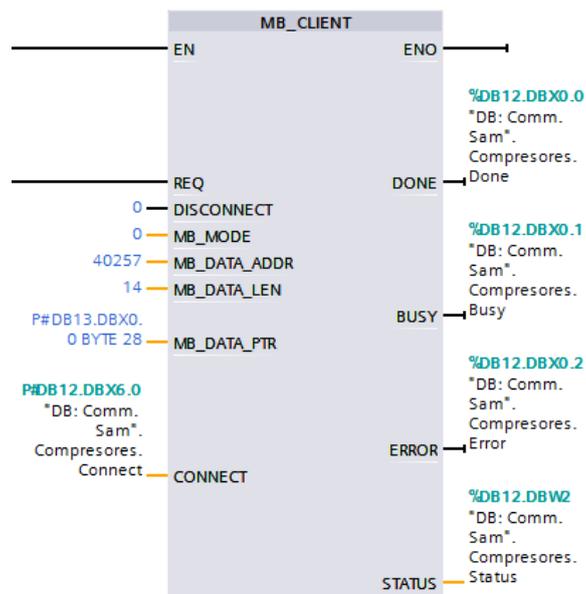


ILUSTRACIÓN 30. BLOQUE MB_CLIENT



ILUSTRACIÓN 31. SCREEN CUARTO DE COMPRESORES

Fuente: (Propia)

Esta pantalla muestra el control de cuarto de compresores. El sistema se compone de cuatro compresores, dos secadores y tres extractores. Así como del control de SAM 4.0 que es un controlador que regula y monitorea los soplantes de manera eficiente y eficaz.

En este sistema, los únicos que pueden escribir son los compresores y el SAM 4.0. Las demás partes solo son de lectura. Dado que las variables de mapeo no permiten para más.

En los compresores se colocó un botón de habilitar. Por este botón se arranca el compresor o se detiene. Y a su vez cada led va indicando el estado de cada segmento. Lo mismo ocurre con el SAM 4.0, solo que este además tiene un botón para confirmar las alarmas.

Por otro lado, los secadores solo muestran los avisos y alarmas que tienen. Mientras que los extractores se iluminan o no dependiendo si están encendidos o apagados. Y se ponen en rojo si van a falla.

5.7 Vista General de Pantalla SCADA control Molino Anexo

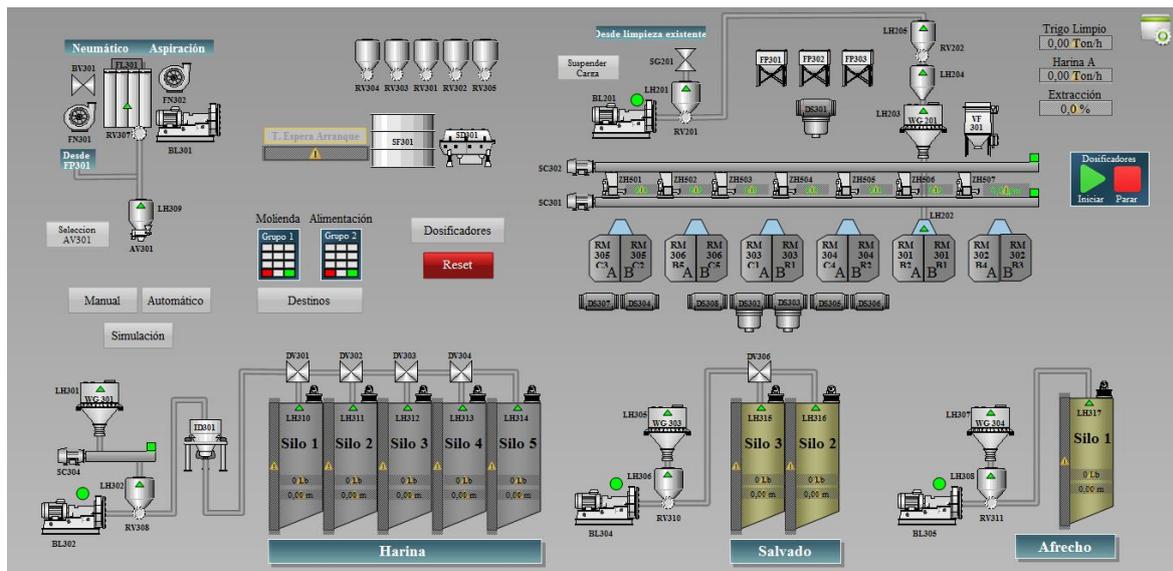


ILUSTRACIÓN 32. MOLINO ANEXO

Fuente: (Personal)

Se creó una nueva pantalla para el control del Molino Anexo. Aclarando que ya existía una pantalla anteriormente, se tomó ese ejemplo para direccionar cada componente con su variable correspondiente. Esto para darle una mejor visibilidad a la misma y hacer una mejor perspectiva sobre el molino en forma virtual.

Existen tres formas de operación: manual, automático y simulación. En el modo manual, se enciende y apaga cada elemento de forma individual y el operador es quien lo controla. Este se usa para mantenimiento y revisión. Mientras que en modo automático es la forma en la que el molino estará operando. En la que cada elemento se enciende y trabaja de forma secuencial.

La implementación añadida completamente al proyecto fueron los tres datos que se encuentran en la esquina superior derecha. Los cuales son la extracción, trigo limpio y harina A. En la que la harina A es la harina que está saliendo del proceso de molienda, el cual es pesado en una báscula y se imprime ese valor en esta ventana. A su vez el trigo limpio es la cantidad de grano que está entrando al proceso. Y finalmente, la extracción es el porcentaje de eficiencia del proceso de molienda. El cual calcula el cociente entre la cantidad de harina que va saliendo (Harina A), contra el grano que va entrando (Trigo Limpio). Esto significa de gran ayuda para los operarios, ya que los cálculos de ellos se hacían de forma manual, ya fuese por formulas, o desplazarse hasta la báscula para revisar su peso correspondiente.

Abreviación	Elemento
RV	Esclusas
LH	Sensores
ID	Desinfestadores
FN	Ventilador Neumática
SD	Sasor/Purificador
DS	Disgregador
SF	Cernido

TABLA 9. ABREVIACIONES DE NOMBRES

5.8 FacePlates

Se rediseñaron los faceplates que son básicamente, plantillas de objetos.

Estos se crearon para el control de los diferentes sensores, válvulas y motores. Cada uno tiene tres modos de operación: manual, automático y simulación. Se les colocó la imagen de representación del elemento y se les programó la animación de que cuando estuviera en RUN, nos diera un color verde, mientras que si el elemento iba a falla, su color cambia a rojo.

Cada ventana tiene su botón de reset, el cual quita el fallo en caso de que haya uno.



ILUSTRACIÓN 33. FACEPLATE: VALVULA DE 2 VIAS

Fuente: (Personal)

Dado que ésta es una válvula de dos vías, los dos botones sirven para direccionar el paso del trigo. El botón Pos. 1 abre paso a la vía de la izquierda, mientras que el botón Pos. 2 abre el paso a la vía derecha.



ILUSTRACIÓN 34. . FACEPLATE: VALVULAS DE 1 VIA

Fuente: (Personal)

En este caso que la válvula es de solo una vía, tenemos dos botones los cuales nos permiten abrir y cerrar la misma para permitir o bloquear el paso del trigo a través de ella.

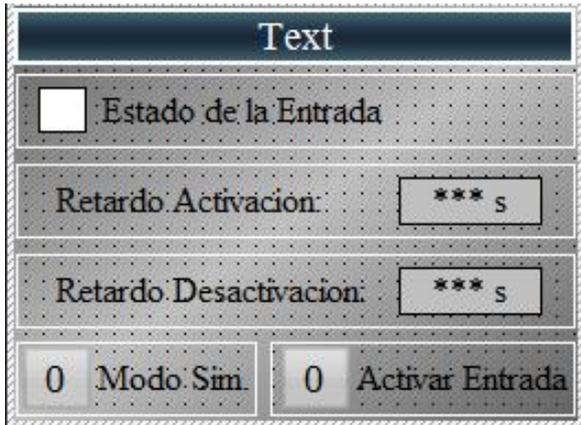


ILUSTRACIÓN 35. FACEPLATE: SENSORES

Fuente: (Personal)

Este faceplate controla la forma de operar de cada sensor. Tenemos el estado de la entrada, que nos indica si el sensor está activado o desactivado. Para el primer estado el cuadro se cambia a verde, mientras que si el sensor esta desactivado queda en gris.

El retardo de activación por su parte, nos permite colocarle el tiempo en que queremos que al llegar una entrada, este se active. De la misma forma podemos colocarle el tiempo mientras se encuentra censando y luego se desactive.



ILUSTRACIÓN 36. . FACEPLATE: MOTORES

Fuente: (Personal)

Para el faceplate de motor, contamos con tres botones que nos controlaran el funcionamiento del mismo (START, STOP, RESET).

Además, tenemos una salida que nos muestra el tiempo de funcionamiento del motor.



ILUSTRACIÓN 37. . FACEPLATE: CONTROL DE PARO

Fuente: (Personal)

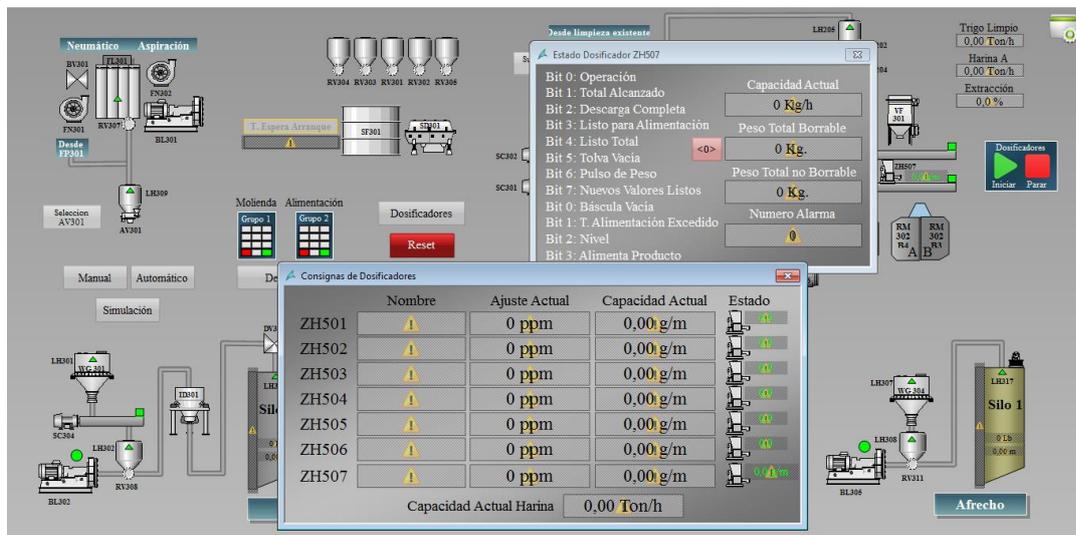


ILUSTRACIÓN 38. ACCIONAMIENTO DE BOTONES DE DOSIFICADORES

Fuente: (Personal)

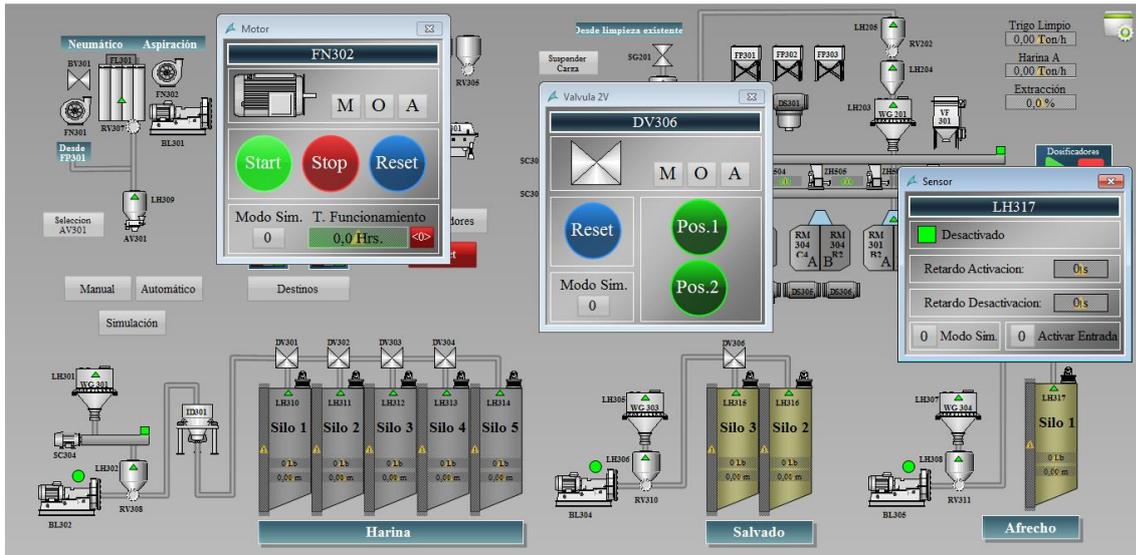


ILUSTRACIÓN 39. FACEPLATES DE SENSOR, VALVULA Y MOTOR

Fuente: (Personal)

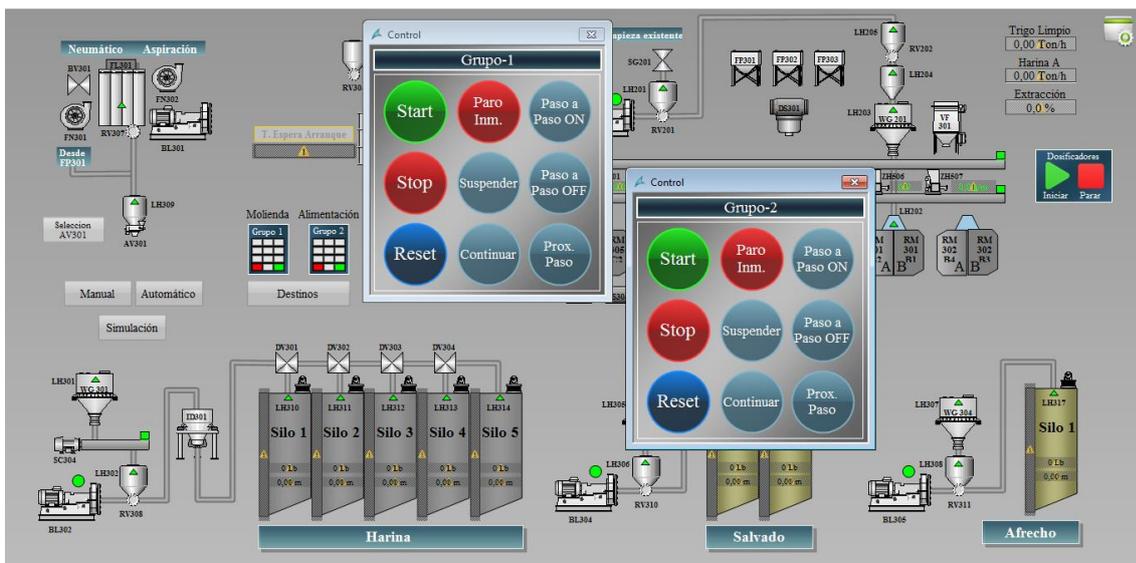


ILUSTRACIÓN 40. FACEPLATES DE CONTROL DE PARO

Fuente: (Personal)

VI CONCLUSIONES

6.1 Conclusión General

El impacto que la implementación de este proyecto brinda al Molino Harinero Sula es de gran relevancia pues se le está alargando la vida útil al proceso de fabricación de harina en el Molino Anexo al migrar el hardware y software del mismo. De igual forma significara un ahorro en facturas, con respecto al control del cuarto de compresores. Pues se podrá regular el funcionamiento de la maquinaria desde puntos remotos.

6.2 Conclusiones Específicas

- ✓ Se logró realizar una migración de hardware y software, reemplazando las periféricas descentralizadas ET200L por las ET200SP. Obteniendo como beneficio principal la seguridad de largo plazo de su sistema de control y procesos. Esto debido a que este tipo de periféricas si permite una ampliación, además de contar con el respaldo de STEP 7 para el monitoreo del mismo.
- ✓ Con la ayuda del manual de G120 de Siemens se logró parametrizar correctamente los seis variadores y se realizó la conexión con el PLC1200 a través de un módulo de comunicación 1241. Logrando así una dosificación óptima para las vitaminas y blanqueadores que el proceso de preparación de harina demanda. Recalcando que se escogió el protocolo USS ante los demás protocolos de comunicación debido a que éste presenta un ahorro de canales de señales del PLC, del cableado de comunicación y costos de instalación.
- ✓ Profinet es una red industrial que trae consigo todos los beneficios que Profibus ofrece además de eso también cuenta con los beneficios de Ethernet. Debido a que Profinet brinda una operación de alta velocidad y un tiempo de respuesta de menos de 1ms Profinet es ideal para aplicaciones de alta velocidad.
- ✓ Se realizó una pantalla de control y monitoreo del cuarto de compresores. Logrando un manejo remoto eficaz de la estación, evitando gastos energéticos ya que el equipo se puede apagar en cualquier momento, sin necesidad de movilizarse hasta el cuarto de compresores.

VII RECOMENDACIONES

7.1 Para la Empresa

El proyecto elaborado fue dirigido por la empresa AINSA, para su implementación en Molino Harinero Sula. Bajo la supervisión del departamento de Ingeniería y ejecutado bajo las exigencias y necesidades del cliente.

- ✓ Instalar sensores de nivel en los silos de trigo para llevar un mejor control del producto. De esta forma se podría programar mejor los tiempos de molienda.
- ✓ Instalar un medidor ponderal antes de la entrada a los bancos para controlar el flujo de trigo, para mantener un flujo constante y lograr una mejor extracción del banco.

7.2 Para la Universidad

- ✓ Implementar clases sobre cableado de paneles eléctricos. De tal manera que el alumno vaya adquiriendo destrezas básicas sobre las conexiones y determinar que equipos deben ir en los paneles al tener una idea propuesta.
- ✓ Anadir ejercicios analíticos sobre situaciones y problemas reales y que el alumno determine qué soluciones brindar y cómo actuar ante una situación determinada.

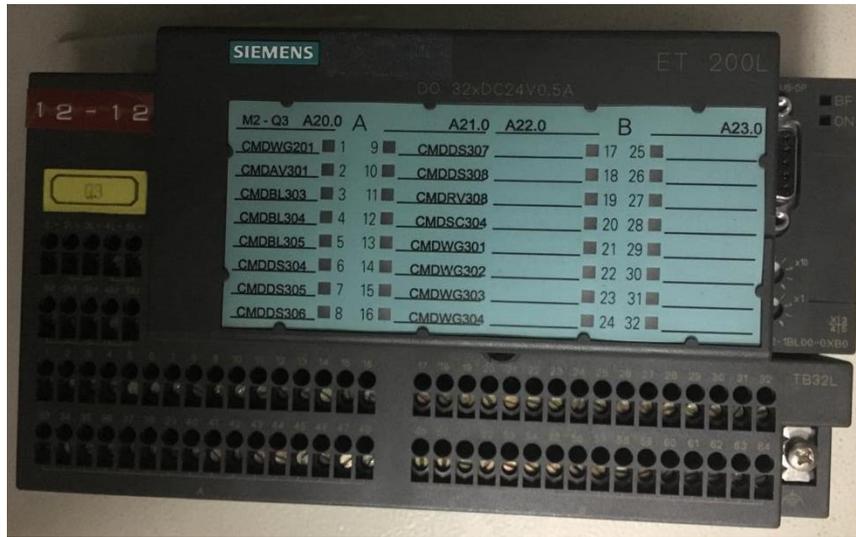
VIII BIBLIOGRAFÍA

1. Angulo Bahón, C., & Raya Giner, C. (2004). *Tecnología de sistemas de control*. Barcelona: Edicions UPC.
2. Berger, H. (2013). *Automating with SIMATIC: controllers, software, programming, data communication, operator control and process monitoring* (5th, rev. and enl. ed ed.). Erlangen: Publicis Pub.
3. Bolton, W. (2006). *Programmable logic controllers* (4th ed). Amsterdam: Elsevier Newnes.
4. *Documento UNIDAD 2: Los objetivos de investigación*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2019, de <https://educacionadistancia.juntadeandalucia.es/profesorado/autoformacion/mod/book/view.php?id=3846&chapterid=3118>
5. Enríquez Harper, G. (2012). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. México: Limusa.
6. García Higuera, A. (2005). *El control automático en la industria*. España: Universidad de Castilla La Mancha.
7. Harper, E. (2005). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. Editorial Limusa.
8. Jimenez, V. G., Yuste, R. Y., & Martínez, L. (2012). *Comunicaciones Industriales Siemens*. Marcombo.
9. Kuo, B. C. (1995). *Automatic control systems* (7th ed). Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.
10. Kuo, B. C., Rodríguez Ramírez, F. J., & Aranda Pérez, G. (1996). *Sistemas de control automático*. México [etc.: Prentice Hall International.
11. Maloney, T. J., & Mendoza Barraza, C. (2006). *Electrónica industrial moderna*. México: Peason/Educación.
12. Martín, J. C., & García, M. P. (2016). *Arranque y variación de velocidad en motores (Automatismos industriales)*. Editex.
13. Martín, J. C., & García, M. P. (2016). *Motores eléctricos (Automatismos industriales)*. Editex.

14. Morera Martínez, Y. (2013). *Modernización del lazo de control de nivel en la maqueta industrial de tres variables* (Thesis). Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Automática y Sistemas Computacionales. Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/6271>
15. Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos (6a. ed.)*. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación.
16. Nuevos Negocios en la Red. (2014). *UF0220, Montaje y mantenimiento de los sistemas de control y regulación de parque eólico*. Málaga: Nuevos Negocios en la Red.
17. Oliva Alonso, N., & Alonso Castro Gil, M. (2013). *Redes de comunicaciones industriales*. Recuperado de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3216642>
18. País, E. (2018, junio 21). Los tres cereales que nos alimentan desde hace milenios. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/elpais/2018/06/21/planeta_futuro/1529576556_500760.html
19. Perez, I., & Godoy, A. (2006). AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADERO MEDIANTE AUTÓMATA PROGRAMABLE Y PERIFERIA DESCENTRALIZADA A TRAVÉS DE PROFIBUS-DP. Universidad de Extremadura. Recuperado de <http://intranet.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXIX/pdf/311.pdf>
20. Pillai, R. K., Ghatikar, G., Seethapathy, R., Sonavane, V. L., Khaparde, S. A., Yemula, P. K., ... Venkateswaran, A. (2018). *ISGW 2017: 3rd International Conference and Exhibition on Smart Grids and Smart Cities*. Singapore: Springer. Recuperado de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5345482>
21. PNO: Profile Drive Technology PROFIdrive, Technical Specification for PROFIBUS and PROFINET, Version 4.1. PROFIBUS Nutzerorganisation e.V., Germany, May 2006. FRANEKO
22. PressReader.com - Periódicos de alrededor del mundo. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2019, de <https://www.pressreader.com/>
23. Rodríguez Penin, A. (2007). *Sistemas SCADA*. Barcelona: Marcombo.
24. Segovia, V., & Theorin, A. (2012). History of Control: History of PLC and DCS, 24.

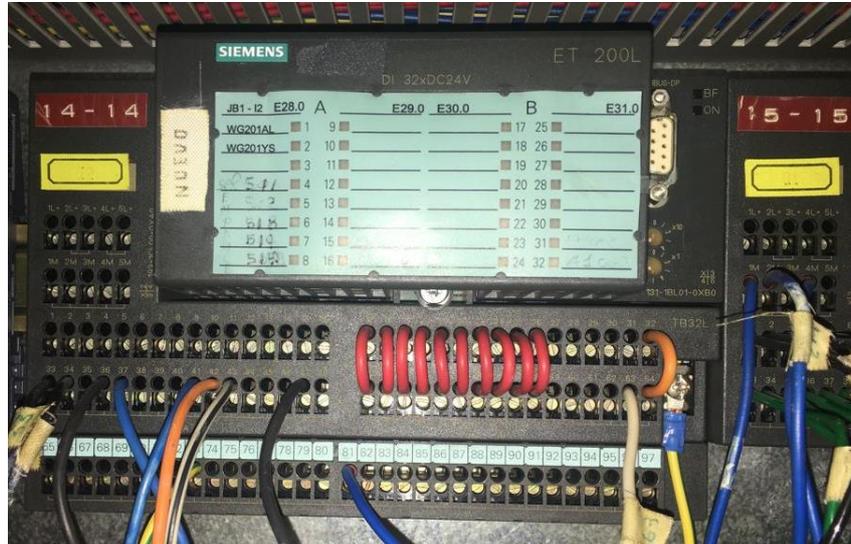
25. SIMATIC ET200SP: más sencilla, más compacta, más potente. (2011). SIEMENS. Recuperado de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/noticias/Documents/ET200SP-FolletoNov11.pdf>
26. Solbes i Monzó, R. (2014). *Automatismos industriales: (contenidos conceptuales y procedimentales): instalaciones eléctricas y automáticas*. València: Nau Llibres.
27. Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson Educación.

IX ANEXOS



ANEXO 1. ET200L DQ

Fuente: (Elaboración Propia)



ANEXO 2. ET200L DI

Fuente: (Elaboración Propia)



ANEXO 3. MOLINO ANEXO

Fuente: (Elaboración Propia)



ANEXO 4. CUARTO DE COMPRESORES

Fuente: (Elaboración Propia)



ANEXO 5. CONTROL SAM 4.0

Fuente: (Elaboración Propia)



ANEXO 6. SCADA MOLINO ANEXO

Fuente: (Elaboración Propia)