

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA INTEGRACIÓN Y EL MONITOREO DE DOCE MÁQUINAS DE HILADO EN LA EMPRESA TEXTILES “LA ESCALA” UBICADA EN EL SECTOR COTOCOLLAO DE LA CIUDAD DE QUITO.

Herrera Gladys. Checa Diego.

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Abstract— Actualmente la empresa Textiles La Escala planta hilatura trabaja con doce máquinas de hilado, las mismas que operan de una manera individual, y no están integradas. Cada Hila cuenta con un registro de horas de producción y horas de paros, esta información es registrada de forma manual, siendo fácilmente manipulable por los trabajadores de turno, lo que hace que estos datos no sean altamente confiables, porque pueden ser fácilmente modificados. La finalidad del presente proyecto es el diseño e implementación de un sistema SCADA, para el monitoreo de doce máquinas de hilado en la empresa Textiles “La Escala” de la ciudad de Quito, en el proyecto intervienen áreas como son: La automatización y control, electrónica, software. Con el desarrollo de este sistema se podrá generar reportes automáticos que permitirán conocer el estado de cada máquina de hilado como por ejemplo: eficiencia, tiempos muertos de producción, tiempos de funcionamiento, graficas, generación de reportes, análisis de datos (mensuales, trimestrales, anuales), puesta en mantenimiento, entre otras. En función de esta información se podrá verificar si el personal encargado cumple o no con los parámetros establecidos por la empresa.

Palabras claves— HMI, Siemens S7-1200, Sistema SCADA, Modbus TCP, Software textil.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño del sistema SCADA engloba arquitectura electrónica, por ello se define los diferentes niveles en la pirámide de automatización, los mismos que constituyen en este caso la comunicación Modbus entre CPU y PLC, las hilas estarán en conexión directa con el PLC, alimentadas con una fuente de 24 V DC. Esta arquitectura centralizada tiene el fin de monitorear las hilas ubicadas en campo.

El diseño de las ventanas para el monitoreo del sistema SCADA se realizará mediante un software que permite desarrollar interfaces gráficas amigables para el operador.

Dentro del sistema SCADA podemos acceder a las distintas variables del proceso, al historial de las alarmas, crear bases de datos, etc., con el fin de manipular de manera eficiente la información, permite también al operador conocer el estado del proceso con tan solo mirar el HMI del sistema SCADA.

Con la implementación del sistema propuesto la empresa será capaz de regirse a un determinado procedimiento, que indique el cumplimiento de las normas de la empresa.

Cabe resaltar que por cada minuto que estas máquinas permanezcan apagadas existe una pérdida considerable en la producción y por ende para la empresa.

II. MARCO TEÓRICO

A. Sistema SCADA

Un sistema SCADA (Control con Supervisión y Adquisición de Datos) permite gestionar y controlar un sistema, gracias a que además de integrar los procesos permite realizar un monitoreo mediante una interfaz gráfica que le permite al usuario comunicarse con el proceso. [1]

Un sistema SCADA es utilizado para cubrir áreas más amplias, permite al operador vigilar y controlar un proceso industrial desde la pantalla de un ordenador. [2]

La ventaja de un sistema SCADA sobre los sistemas clásicos es que la última decisión sobre las acciones de control las tiene el supervisor del sistema, más no los controladores electrónicos en donde resultaría más complicado realizar un cambio.

La función de monitoreo de estos sistemas se realiza mediante un HMI (Human Machine Interface), que se encuentra en la pantalla de un computador, esta interfaz gráfica permite al usuario conocer el estado de los procesos, el histórico de las alarmas registradas, datos gráficos, estadísticas, etc.

B. Diseño de HMI para un Sistema SCADA.

Un HMI es una herramienta que permite realizar el monitoreo y control de máquinas y equipos, es decir que permite visualizar al operador el funcionamiento en tiempo real de alguno de los parámetros de estas máquinas, pudiendo así el operador tomar alguna decisión y realizar acciones sobre el proceso.

Mediante el monitoreo se puede establecer también indicadores gráficos lo cual en ocasiones resulta más comprensible para el operador, pudiendo detectar de manera rápida algún error que se presente.

C. Descripción de diseño de un HMI.

Una (HMI) permite que se pueda intercambiar órdenes y datos entre el humano y la máquina, a la vez que si se tiene un

diseño pobre, el operador tendrá una limitación en cuanto al acceso al proceso debido a la falta de algunos detalles.

Por el contrario si se tiene una HMI bien diseñada el operador encontrará la respuesta que espera a su acción, para esto hay varios factores que se deben tomar en cuenta al momento del diseño.

Una HMI permite realizar tareas de forma automática, para realizar el diseño se debe tomar en cuenta las actividades que desempeña el usuario.

Se considera las actividades que realiza el ser humano, para posteriormente proceder a transformarlas en actividades que se implementan en el HMI.

Una vez que cada tarea o acción se ha definido se puede comenzar con el diseño de la interfaz, que puede realizarse siguiendo el siguiente orden.

- Establecer los objetivos e intenciones de cada tarea.
- Asignar a cada objetivo/intención una secuencia de acciones específicas.
- Especificar la secuencia de acciones tal y como se ejecutará en el nivel de interfaz.
- Indicar el estado del sistema, es decir, que aspecto tiene la interfaz en el momento en que se ejecuta una acción de la secuencia.
- Definir los mecanismos de control, es decir, los dispositivos y acciones accesibles al usuario para modificar el sistema.
- Indicar como afectan los mecanismos de control al estado del sistema.
- Indicar como interpreta el usuario el estado del sistema a partir de la información suministrada a través de la interfaz. [3]

III. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS

A. Selección del PLC.

Dentro del proyecto se van a manejar señales de 12 máquinas de hilado, las señales son de tipo discretas, por lo tanto el dispositivo controlador debe poseer como mínimo 12 entradas digitales, o a la vez permitir añadir módulos de entradas adicionales, una característica indispensable que hay que tomar en cuenta al momento de elegir el PLC es que debe poseer la capacidad de establecer la comunicación Modbus TCP. Además tomar en cuenta la disponibilidad y el costo del mismo.

Se tomó la decisión de usar el PLC S7-1200 (CPU 1212 C), este posee la capacidad de establecer la comunicación Modbus TCP mediante el puerto Profinet integrado, esto quiere decir que para la comunicación no se necesita ningún módulo adicional, la cantidad de entradas que posee este PLC es 8 por lo cual se requiere un módulo de entradas adicional, aun así este PLC resulta ser más conveniente en cuanto a costos se refiere y cumple todas las características necesarias para el proceso.

B. Selección de módulo de entradas digitales.

Una vez seleccionado el PLC siemens S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly, este posee solo 8 entradas digitales y las requeridas para el proyecto son 12, por lo que es necesario usar un módulo que tenga como mínimo 4 entradas digitales, en el caso de los PLC Siemens estos tienen módulos de señales establecidos como es el caso del módulo SM1221 de 8 entradas.

En este caso se usará el módulo SM1221 de 8 entradas digitales, para completar las 4 entradas necesarias, además al tener cuatro entradas libres permitirá realizar la expansión del sistema hacia otras máquinas en el futuro.

C. Selección de Fuente.

La Fuente Cabur es una fuente que trabaja con una alimentación de 120/ 240 VAC, tiene un salida variable de 23.7 a 25.3 V DC, corriente de salida de 5A.

Además se eligió esta fuente ya que un rendimiento elevado y excelente ventilación, salida regulable y protegida contra la entrada de sobretensiones, protección térmica, grado de protección IP20, todo esto es óptimo para trabajar en un ambiente industrial.

D. Selección de Relés.

Los relés son montados en cuatro máquinas para obtener la señal discreta del motor y poder detectar el encendido y apagado, las características que debe tener este relé son: alimentación de 220 V AC, 1 contacto abierto, 1 contacto cerrado, brindar una salida de 24V Vdc.

Se elige el relé OMRON MY4 24VAC ya que posee las características de ser un relé de tipo industrial, tiene una capacidad de carga de contactos DC de 5A/24V y soporta temperatura entre -50 hasta 70 grados centígrados.

E. Selección del cable.

En la selección del tipo de cable se tomó en cuenta la corriente que va a conducir, además la longitud que el mismo recorrerá hasta llegar al laboratorio en donde se encuentra ubicado el controlador, otra característica es la flexibilidad del cable para poder colocarlo por las canaletas, debido a que el lugar en donde se va a montar el cable posee muchas esquinas en donde el cable flexible resulta más fácil de manejar.

De acuerdo a las exigencias del cable se elige el cable de tipo flexible calibre 16.

F. Selección de Software.

El software que se utilizará en esta aplicación debe cumplir con ciertas especificaciones establecidas en la parte de diseño, como la de poder establecer una comunicación Modbus TCP con el PLC para poder evitar el uso de un servidor OPC adicional.

El software que cumple con los requerimientos de diseño es Labview ya que tiene mayor rapidez en el manejo de datos por lo que este software es el indicado para realizar HMI, adicionalmente Labview tiene una biblioteca Modbus que

posee bloques de función que se pueden obtener gratis y brindan comunicación Modbus desde cualquier puerto Ethernet o puerto serial estándar.

La característica adicional de Labview es que permite la creación de archivos ejecutables, con lo cual no es necesario comprar el Software y se ahorra costos por manejo de licencias.

G. Selección de Computador.

El computador utilizado en el proyecto fue dotado por la empresa, las características del computador es:

- Sistema operativo: Windows 7 de 64 bits.
- Procesador: Intel core i5.
- Memoria RAM: 500 Gb.

H. Selección de cable Ethernet.

Para la selección del cable de comunicación hay que tomar en cuenta el tipo de ambiente en el que se está trabajando, en este caso el ambiente es industrial por esta razón el cable debe ser robusto para soportar estas condiciones.

El cable seleccionado es de tipo industrial de siemens, a continuación se detallan las características:

- Tienen certificación para ser usados en mercados como estadounidense y canadiense.
- Compatible con profinet.
- No contiene humectante de la pintura.
- Color verde(Siemens, Industrial Eternet Cable, 2014).

Los beneficios que ofrece este cable es estandarizado, con categoría 5 (Cat5e) de las normas ISO/IEC 11801, alta inmunidad contra perturbaciones, debido al apantallamiento.(Siemens, Industrial Eternet Cable, 2014)

IV. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

A. Implementación del sistema eléctrico.

La implementación del sistema eléctrico se basó de acuerdo a planos eléctricos, la ejecución comprende: el montaje del cableado, instalación de las canaletas de energía, instalación de las tuberías para el cableado.

El montaje del cableado se realiza sobre una canaleta principal la misma que se encontraba ya instalada con anterioridad en la empresa.



Fig. 1. Se realiza el tendido del cable en el piso con el fin de evitar que se enrede y facilitar el montaje del cable en la canaleta principal.

Se coloca el cable por las canaletas, la cantidad total de cable utilizado es 1600 metros para la conexión de las máquinas de hilado.



Fig. 2. La fábrica cuenta con una canaleta propia de 50 cm. de ancho para el tendido de cable eléctrico, ubicada en la parte superior de la estructura.

B. Montaje del rack de control.

Este rack de control contiene el PLC, el módulo de entradas digitales con sus respectivas conexiones hacia la fuente de poder.

Se fija tanto el PLC, el módulo de entradas digitales y la fuente al rack, con el fin de sujetar los elementos a la caja de control. Se realiza las conexiones eléctricas necesarias, para la adquisición de las señales digitales al PLC.



Fig. 3. Se monta la caja para conectar con el cableado de las máquinas.

El rack también es montado con los terminales de Ethernet y el cable de alimentación del PLC, por características de los sistemas eléctricos estos cables son introducidos en canaletas.



Fig. 4. Tendido del cable Ethernet con la alimentación del PLC.

C. Montaje del sistema de instrumentación.

Este sistema consiste en un bloque de relés instalados a las cuatro primeras máquinas para obtener una señal de 24 V dc directo del motor principal de las máquinas.

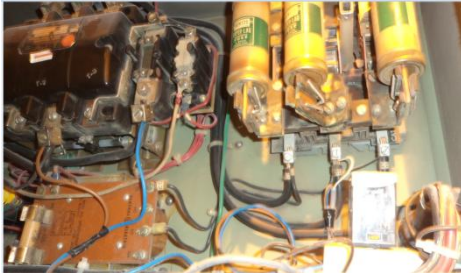


Fig. 5. En el tablero de control de las máquinas, se implementan los relés.

Los relés están conectados aguas abajo del arranque estrella / triángulo, en este caso C1 es el contacto que permanece cerrado en todo momento. La alimentación del relé es de 240 V de corriente alterna, razón por la cual se conecta con dos fases del arranque. La conexión del relé al motor principal de la máquina se puede visualizar en la Figura 3.17.

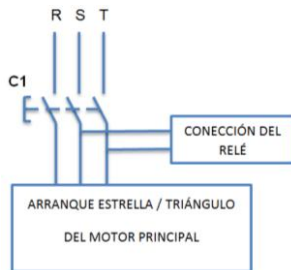


Fig. 6. Conexión del relé al motor principal. La conexión se realiza aguas abajo del arranque estrella triángulo.

D. Programación del PLC en TIA Portal.

Como primer paso es necesario realizar el reconocimiento del PLC S7-1200 con CPU 1212C AC/DC/R1y, después se reconoce al módulo de entradas digitales SM1221. En la programación del PLC se debe seleccionar la IP con la que se desea trabajar la red, para este caso la IP es 192.168.1.1 teniendo en cuenta que la computadora del HMI también debe estar en red, para el caso de la CPU la dirección es 192.168.1.5.

Después de la selección de la IP es necesario la asignación de nombres a las entradas del módulo, como último paso es la programación en el PLC, aquí lo más importante es la configuración del bloque de comunicación Modbus.

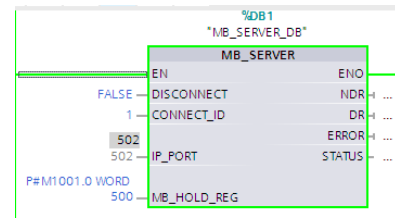


Fig. 7. Bloque Modbus TCP/IP, se puede observar la configuración final.

E. Implementación del HMI.

La implementación del HMI del sistema SCADA se basó principalmente en las necesidades de la empresa. En un inicio la planta no contaba con un SCADA, esto conllevó a que la implementación se realice desde el montaje eléctrico, el tendido del cableado hasta la implementación de HMI.

El software a utilizar tiene ciertas características como se indicó anteriormente y una de las más importantes es la comunicación Modbus TCP/IP, esta herramienta permite obviar la conexión mediante un servidor OPC, obteniendo la comunicación directa entre el PLC y el software.

Labview tiene muchas bondades entre las cuales mencionamos las utilizadas en el proyecto:

- Almacenar y guardar datos en Microsoft office.
- Modbus TCP/IP.
- Creación de ejecutables.
- Interfaz gráfica amigable.

La aplicación del HMI en este proyecto, es principalmente por las necesidades del personal de mantenimiento, supervisores, personal de calidad y jefe de planta.

El HMI permite analizar la eficiencia de las hilas, el número de paradas que excede el tiempo establecido por parada, análisis de tendencias de una o varias hilas, llevar un registro de trabajo realizado en cada modalidad, observar el tiempo exacto al momento de arrancar una hila, entre otras aplicaciones. La información obtenida es almacenada en una base de datos, gracias al PLC que trabaja en tiempo real.

En esta ventana se elige el grupo que se encuentre trabajando, el horario, es decir, si se encuentra trabajando en el día o en la noche, el día si es el primer o el segundo día de trabajo de dicha modalidad, el led de estado muestra si la máquina se encuentra parada o en funcionamiento. Los botones se describen a continuación:

- **STOP:** Permite detener el programa, esta opción se realiza cuando existe periodos largos de paro programados para esa hila.
- **RESET:** Cuando la base de datos se encuentre colapsada, es necesario realizar un borrado de dichos datos.
- **MANTENIMIENTO:** Para no guardar el tiempo de mantenimiento en la base de datos, colocamos al botón en la posición de encendido, con esto evitamos que los cálculos realizados sean incorrectos.

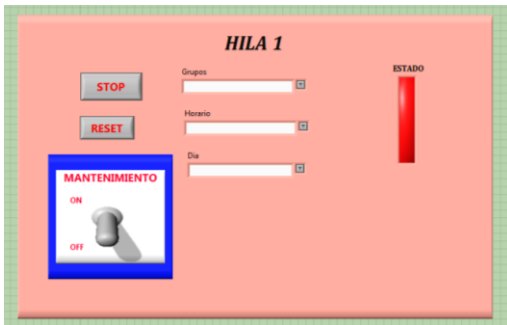


Fig. 8. Ventana principal del HMI para cada una de las Hilas. Este es un ejemplo del VI de la HILA 1.

Esta ventana es similar para los 16 VI creados en el proyecto, 12 son para las hilas y los 4 restantes son para maquinaria similar.

Después de analizar todas las características y requerimientos que debe tener un HMI. La conexión directa entre el PLC Siemens S7 1200 y el software son representadas por las imágenes (son las hilas de la planta).

Las imágenes cuentan con tres colores diferentes:

- **Rojo:** El significado de este color es que la máquina se encuentre apagada.
- **Verde:** Significa que la hila se encuentra trabajando (en funcionamiento).
- **Plomo:** Cuando la hila se halle en mantenimiento o a su vez se encuentre con paros programados.

En la parte inferior de cada una de las imágenes muestra el tiempo de la última parada que se ha producido en el transcurso del día, datos que quedan almacenados hasta la siguiente parada, de esta forma permite al personal de planta verificar el tiempo exacto que ha producido determinada parada.

En la parte superior de cada imagen está etiquetado con el nombre de la hila, mechera o manual a la que pertenece dicha imagen, este nombre tenía que ser con un tamaño de letra relativamente alto para poder identificar a grandes distancias del monitor.

Cuenta con una segunda imagen de menor tamaño que la principal, esta imagen indica el funcionamiento de un motor, cuando la hila empiece su funcionamiento habitual este motor empieza a girar, en caso contrario el motor se encuentra apagado.

En la parte superior derecha se observa la fecha y la hora actual del día, opción para identificar si el tiempo de parada concuerda con el tiempo almacenado en la base de datos.



Fig. 9. Pantalla principal del HMI, en la cual se observan el estado de las hilas y los botones de multifunción.

Los botones localizados en la parte superior del HMI se analizan a continuación:

ACCESO: Permite obtener diferentes niveles de acceso a la visualización y/o control del HMI. De acuerdo al personal que usará la aplicación directa o indirectamente, se resuelve tener 3 niveles de seguridad:

- **Administrador:** Es el encargado de administrar todo el HMI, tiene acceso a toda clase de modificaciones, puede parar a una o varias hilas incluso al programa principal, cambiar el grupo horario y día, resetear la base de datos, poner en mantenimiento a una o varias máquinas.
- **Mantenimiento:** Solo puede colocar al switch de mantenimiento en encendido o apagado y también cambiar el grupo, horario y día de una o varias máquinas.
- **Operador:** Permite solo la visualización del HMI.

Al presionar el botón de acceso se muestra la pantalla del SubVI de ACCESO. Esta opción permite colocar usuarios y seguridad.



Fig. 10. Ventana de seguridad. En esta se coloca el nombre del usuario con su respectiva contraseña.

Se debe ingresar el nombre del usuario con la contraseña respectiva, al pulsar el botón ok, se despliega un mensaje mostrando si el acceso es satisfactorio o es rechazado, para salir de esta ventana pulsamos el botón salir ubicado en la parte superior derecha.

GRÁFICAS: Esta ventana despliega varias opciones de gráficas las mismas que están diseñadas de acuerdo a las

necesidades de la empresa, al pulsar este botón se despliega el SubVI de GRÁFICAS en esta pantalla selectora se muestra las diferentes tendencias generadas. Para salir de esta pantalla pulsar el botón salir.

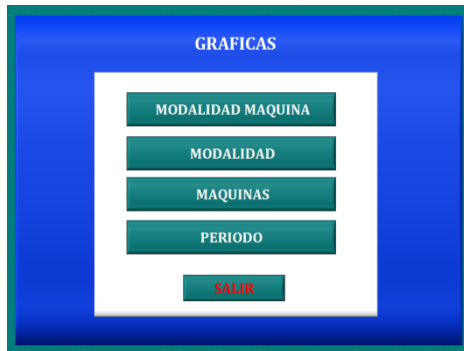


Fig. 11. Ventana selectora de gráficas. Al ingresar a las distintas ventanas puede obtener diferentes tipos de tendencias.

MODALIDAD MÁQUINA: En elSubVI de GRAFICA MODALIDAD MÁQUINA, se debe seleccionar la hila, la modalidad, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de la modalidad y la hila respectiva a la cual desea obtener información. En la parte derecha de la pantalla muestra los datos de mayor relevancia indicado por el personal de control de calidad, estos datos son:

- **Número de paros mayores a doce minutos:** Cuenta el número de paros que excede el tiempo máximo establecido por la empresa que es de doce minutos, según la regla establecida por el coordinador de planta.
- **Minutos excedidos:** Realiza la sumatoria de los minutos que se exceden en cada parada superior a los doce minutos.
- **Tiempo total de paros:** Realiza la sumatoria de todos los paros existentes entre las fechas colocadas.
- **Tiempo promedio de paros:** Saca el promedio entre el tiempo total de paro y el número de paradas realizadas.
- **Tiempo total de funcionamiento:** Es la sumatoria del tiempo transcurrido entre cada parada, este tiempo depende de la hila y va desde las 2 hora y media a 3 horas, en otras palabras, es el tiempo que ha permanecido encendida la máquina antes de un paro.
- **Tiempo promedio de funcionamiento:** Saca el promedio entre el tiempo total de funcionamiento y el número de dato de la hila.
- **Eficiencia teórica:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la máquina. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.
- **Eficiencia real de turno:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la maquina transcurridas en 12 horas o 720 minutos. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.

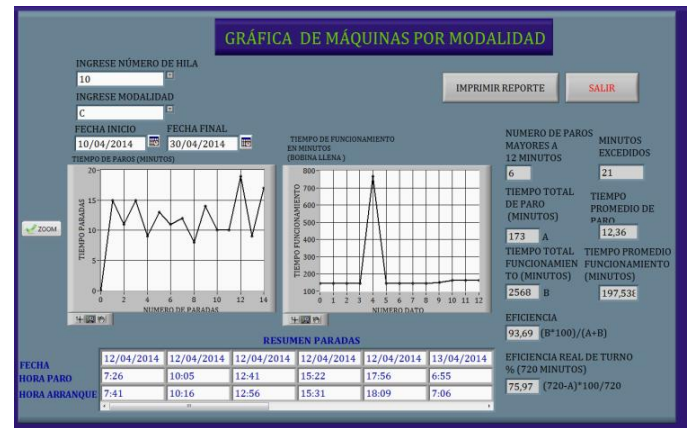


Fig. 12. En la ventana de máquinas por modalidad se puede observar los datos más relevantes requeridos por el personal de planta.

IMPRIMIR REPORTE: Es un botón ubicado en la parte superior derecha de la pantalla, permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego poder imprimir la información de las gráficas, los datos indicados en pantalla, además de los datos existentes entre las fechas ingresadas.

MODALIDAD: ElSubVI de GRAFICA MODALIDAD TODAS MÁQUINAS, indica las tendencias de los tiempos de paros y de funcionamiento de todas las máquinas entre el tiempo propuesto, se debe seleccionar la modalidad, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de las 12 hilas, manuar o mecheras de acuerdo a la modalidad que ingrese.

Puede seleccionar las máquinas a analizar dando clic en el nombre de la hila, mechera o manuar colocado en la parte derecha de la pantalla.

Existen dos ventanas de gráficas, en la primera son los tiempos de paro y en la segunda son los tiempos de funcionamiento, se accede a las mismas dando clic en la tabla de control, sobre los nombres de las gráficas.



Fig. 13. En la ventana de modalidad se observa dos graficas las cuales muestran el tiempo deparadas producidas y los tiempos de funcionamiento.

IMPRIMIR REPORTE: Permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego imprimir la información de las gráficas tanto del tiempo de paro como del tiempo de funcionamiento.

MÁQUINA: En la ventana del SubVI de GRAFICA MÁQUINAS, se debe seleccionar la hila, la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desean obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de cada máquina sin importar la modalidad. En la parte derecha de la pantalla muestra los datos de mayor relevancia indicado por el personal de control de calidad, estos datos son:

- **Numero de paros mayores a doce minutos:** Cuenta el número de paros que excede el tiempo máximo establecido por la empresa que es de doce minutos, según la regla establecida por el coordinador de planta.
- **Minutos excedidos:** Realiza la sumatoria de los minutos que se exceden en cada parada superior a los doce minutos.
- **Tiempo total de paros:** Realiza la sumatoria de todos los paros existentes entre las fechas colocadas.
- **Tiempo promedio de paros:** Saca el promedio entre el tiempo total de paro y el número de paradas realizadas.
- **Tiempo total de funcionamiento:** Es la sumatoria del tiempo transcurrido entre cada parada, este tiempo depende de la hila y va desde las 2 hora y media a 3 horas, en otras palabras, es el tiempo que ha permanecido encendida la máquina antes de un paro.
- **Tiempo promedio de funcionamiento:** Saca el promedio entre el tiempo total de funcionamiento y el número de dato de la hila.
- **Eficiencia teórica:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la máquina. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.
- **Eficiencia real de turno:** Es la eficiencia de las horas de funcionamiento de la maquina transcurridas en 12 horas o 720 minutos. Esta eficiencia viene dada en porcentaje.



Fig. 14. En la ventana de máquina se observa toda la información requerida por el personal, además de mostrar los tiempos entre las dos fechas ingresadas.

IMPRIMIR REPORTE: Permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego poder imprimir la información de las gráficas, los datos indicados en pantalla, además de los datos existentes entre las fechas ingresadas.

PERÍODO: En la ventana del SubVI GRAFICA TODAS MÁQUINAS, se debe seleccionar la fecha de inicio y la fecha final a la cual se desea obtener los datos, estos muestran las tendencias de los tiempos de paro y los tiempos de funcionamiento de las 12 hilas, manuar o mecheras.

Puede seleccionar las máquinas a analizar dando clic en el nombre de la hila, mechera o manuar colocado en la parte derecha de la pantalla.

Existen dos ventanas de gráficas, en la primera son los tiempos de paro y en la segunda son los tiempos de funcionamiento, se accede a las mismas dando clic en la tabla de control, sobre los nombres de las gráficas.



Fig. 15. En la ventana de período muestra dos gráficas, las cuales los operadores de planta pueden analizar de una forma inmediata.

IMPRIMIR REPORTE: Permite almacenar los datos en Microsoft Word para luego poder imprimir la información de las gráficas tanto del tiempo de paro como del tiempo de funcionamiento.

Otra opción disponible en la pantalla principal del HMI es la visualización de las 5 últimas paradas ocurridas en el transcurso del tiempo, para esto dar clic en el botón ÚLTIMA PARADA.

ÚLTIMA PARADA: Al pulsar este botón se despliega la ventana del SubVI DATO PARADAS en esta ventana muestra los datos de las últimas cinco paradas que se ha producido en el transcurso del tiempo. Se debe seleccionar la hila a la cual se desea obtener los datos.

Este SubVI es implementado para la rápida visualización de las paradas ya que en las otras ventanas es necesario ingresar la fecha. La idea fue presentada por parte del personal de calidad.



Fig. 16. En esta ventana se puede observar las cinco últimas paradas que han transcurrido durante el día.

Otra última opción disponible en la pantalla principal del HMI es la de visualizar las características de las máquinas, para esto dar clic en el botón CARACTERÍSTICAS.

CARACTERÍSTICAS: Al oprimir este botón se despliega la ventana del SubVI de CARACTERÍSTICA aquí se muestra las características particulares de cada máquina. Se debe seleccionar la hila a la cual se desea obtener las características. Esta ventana es implementada por la necesidad del personal de mantenimiento, esto permite obviar la búsqueda de características en los manuales de cada maquinaria, permitiendo la rápida y fácil visualización de las características de las máquinas.

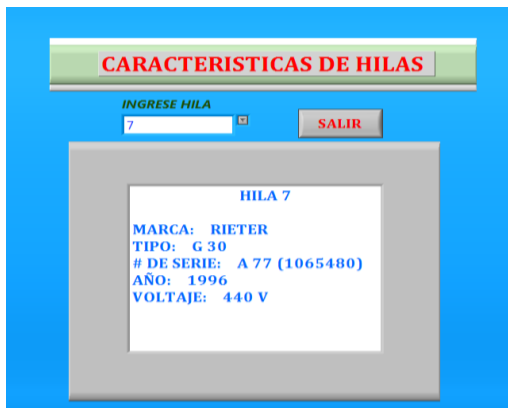


Fig. 17. En esta ventana se puede observar las características de cada una de las hilas, mecheras y manual.

El usuario administrador es el único que puede detener al programa principal, con solo pulsar el botón detener como se muestra en la Figura 3.75.



Fig. 18. Al pulsar este botón se detiene el VI principal del HMI.

V. PRUEBAS Y RESULTADOS

A. Análisis de resultados.

Dentro del análisis por periodo se va a tomar en cuenta la información obtenida para cada máquina por el HMI para los meses de Febrero, marzo y abril, estos análisis se detallan a continuación:

Análisis del mes de febrero: Teniendo claro los parámetros a estudiar, obtenemos el análisis que nos arroja el HMI para cada una de las hilas, aquí no importa la modalidad.

Al realizar la sumatoria de los minutos penalizados por cada hila da como resultado 2884 minutos, esta cifra indica que existe un problema muy grave en el trabajo de los obreros y los supervisores. Con el paso del tiempo se pretende disminuir los minutos penalizados a cero.

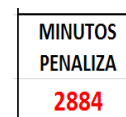


Fig. 19. Total de minutos penalizados para el mes de febrero.

De acuerdo a los resultados alarmantes debido a la cantidad de minutos penalizados que se han suscitado en el transcurso del tiempo y sin tomar alguna acción sobre el asunto, el jefe de planta con la ayuda de los supervisores deciden capacitar al personal (obrerros), para así tomar una acción correctiva sobre el problema.

Análisis del mes de marzo: El análisis realizado tiene el mismo fin que el mes de febrero, se incluye los tiempos de paros que exceden el límite permitido, los paros debido a mantenimiento, los minutos excedidos por mantenimiento.

Al realizar la sumatoria de los minutos penalizados por cada hila da como resultado 2703 minutos, ver Figura 4.5.

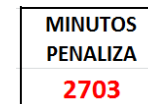


Fig. 20. Total de minutos penalizados en el mes de marzo.

Se puede observar que los minutos de penalización han disminuido, la diferencia del mes de febrero con el mes de marzo es de 181 minutos, de acuerdo a las acciones correctivas que se ha realizado a los operadores es muy difícil, hablando económicamente, que los minutos penalizados disminuyan a cero de una forma drástica, por esta razón el jefe de planta toma nuevas decisiones, para ver los resultados es necesario el análisis del mes de abril.

Análisis del mes de abril: Para verificar si existe avances en la reducción de tiempo muerto, se realiza el análisis del mes de abril con este estudio podemos ver si existe un incremento en la eficiencia de las máquinas y si el programa realizado está cumpliendo con el objetivo planteado desde el inicio.

Al realizar la sumatoria de las hilas analizadas da como resultado 2147 minutos. La diferencia de los tiempos de penalización entre los meses de marzo y abril es de 556

minutos, estos minutos muestran que en el mes de abril existe una gran disminución de tiempos muertos.

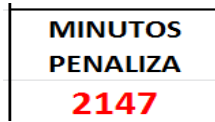


Fig. 21. Total de minutos penalizados para el mes de abril.

El análisis realizado en el transcurso de los tres meses, muestra una disminución de los minutos excedidos por paros en las máquinas, esto quiere decir que la producción en la empresa aumentó considerablemente.

TABLA I
ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS TRES MESES.

| Análisis por Periodo | | | |
|----------------------|---------|-------|-------|
| Mes | Febrero | Marzo | Abril |
| Minutosexcedidos | 2884 | 2703 | 2147 |

Con la implementación de este proyecto y con tan solo tres meses de puesta en marcha la empresa “Textiles La Escala” ha producido un incremento de 737 minutos en la producción, dando un aproximado de 12 horas. Con esto se evidencia que el sistema SCADA cumple a cabalidad los requerimientos propuestos por el personal de planta.

B. Análisis económico.

De acuerdo a los resultados arrojados en el estudio de los tiempos de pérdida, en este ítem se analiza la pérdida en dólares que ocasiona los paros que exceden el tiempo reglamentario.

El tiempo total de penalización obtenido en análisis anteriores es el parámetro primordial para este análisis además de otros parámetros que son considerados por la empresa.

Análisis económico del mes de febrero: Este mes es cuando el sistema SCADA empieza a funcionar, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede evidenciar las pérdidas que la empresa ha tenido durante el transcurso de varios años, se resalta que el pronóstico de pérdida por parte del jefe de planta era muy inferior a lo obtenido en la base de datos, debido a que los datos eran anteriormente manipulados por los operadores.

Se puede evidenciar la pérdida producida en el mes de febrero, el costo total de penalización es de 2169,68 dólares.



Fig. 22. Costo total de pérdida en el transcurso del mes de febrero.

Para realizar la estimación del costo total se utilizó los siguientes datos:

- Producción Nominal: 130000
- Tiempo Mes min: 43200

- Precio Kg 4.

Para calcular el costo perdido por minuto se utilizó las ecuaciones “(1)” y “(2)” las cuales indican la producción nominal sobre el tiempo mensual por su costo en Kg.

$$\frac{\text{produccionnom.}}{\text{tiempomes} * \text{precioKg.}} \quad (1)$$

$$\frac{130000}{43200 * 4} = 0.75 \quad (2)$$

Para calcular la pérdida total se multiplica los minutos excedidos por el costo por minuto como se indica en la ecuación “(3)”.

$$\text{total} = 0.75 * \text{minutos excedidos} \quad (3)$$

Análisis económico del mes de marzo: Después de la capacitación a todo el personal de planta el mes de marzo tiende a disminuir los costos de pérdidas.

Se puede evidenciar la pérdida producida en el mes de marzo, el costo total de penalización es de 2033,51 dólares.



Fig. 23. Costo total de pérdida en el mes de marzo.

Entre el mes de febrero y marzo la empresa tuvo una ganancia de 136,17 dólares.

Análisis económico del mes de abril: Para este mes se puede evidenciar que las pérdidas han disminuido de forma satisfactoria que el mes anterior.

Se puede evidenciar la pérdida producida en el mes de abril, el costo total de penalización es de 1615,22 dólares.



Fig. 24. Costo total de pérdida en el mes de abril.

Entre el mes de marzo y abril la empresa tuvo una ganancia de 418,29 dólares.

De acuerdo al análisis de los tres meses, se puede evidenciar que las pérdidas por costos han disminuido de forma paulatina y positiva.

Desde que fue implementado el sistema SCADA la empresa tuvo una ganancia de 554,46 dólares.

Análisis económico de la inversión del proyecto: El proyecto en sí costo un total de 2388.50 dólares

Después del estudio realizado para los tres meses, el proyecto se autofinanciará en el transcurso de cinco a seis meses, desde que el sistema SCADA fue implementado.

Después de los seis meses la empresa empieza a tener ganancias netas, cabe indicar que con el transcurso del tiempo

las pérdidas económicas se pretenden disminuir a cero, haciendo así que la producción de la empresa sea óptima y con mayores ingresos económicos.

VI. CONCLUSIONES

- El sistema SCADA implementado en la empresa Textiles La Escala S.A. planta hilatura cumple a cabalidad con normas y estándares de seguridad, además de tener una intervención positiva en el ámbito de producción, mejorando la misma, permitiendo un crecimiento económico y en la empresa.
- Las consideraciones de diseño para pantallas de visualización, en cuanto a manejo de colores, principios de diseño, ubicación de elementos, simulaciones, coherencia y consistencia son establecidas por la normativa internacional ISO 9241 y EN 29241 (Ergonomics requirements of visual display terminals used for office tasks).
- El puerto Profinet integrado en el PLC S7-1200 permite realizar también la comunicación Modbus TCP, mediante el cable de comunicación Ethernet, ya que este maneja la trama TCP/IP.
- Labview es un software de diseño HMI adecuado puesto que además de brindar las herramientas para la creación de HMI, permite manejar archivos de Microsoft Office, realizar comunicación Modbus TCP/IP con otros dispositivos y la principal ventaja es que permite crear archivos del tipo ejecutable.
- La implementación de Modbus TCP/IP permite obviar el uso de un servidor OPC, logrando la comunicación directa entre el PLC Siemens S7-1200 y el software Labview, con esto se evita la adquisición de una licencia adicional reduciendo costos en la implementación
- El análisis realizado en los tres meses, que el proyecto se autofinanciará en el transcurso de cinco a seis meses, desde que el sistema SCADA fue implementado.

REFERENCIAS

- [1]Penin Aquilino Rodríguez, *Sistemas SCADA guía práctica*. Barcelona,España: MARCOMBO, S.A., 2007.
- [2]Luis Corrales, "Interfaces de comunicacion Industrial," Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2007.
- [3]Patricio Rodríguez. Itescam. [Online].
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r94806.PDF>

Actualmente estudia en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la carrera de ingeniería en Electrónica e Instrumentación.



Instrumentación.

Diego Checa. Nació en Salcedo provincia de Cotopaxi en Ecuador. Sus estudios primarios fueron realizados en la escuela Federico Gonzáles Suárez en la ciudad de Salcedo. Los estudios secundarios lo curso en el colegio Ramón Barba Naranjo de la ciudad de Latacunga. En la actualidad se encuentra estudiando en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la carrera de Ingeniería en Electrónica e



Gladys Herrera. Nació en Latacunga provincia de Cotopaxi en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Elvira Ortega, sus estudios secundarios los realizó en el Instituto Tecnológico Victoria Vásconez Cuví ubicado en la ciudad de Latacunga en donde obtuvo su título de bachiller en la especialización de Físico Matemático en el año 2008,