



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en
Mecatrónica**

TEMA:

**“SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y EFICIENCIA DE MÁQUINAS
TEJEDORAS DE UNA PLANTA TEXTIL”**

Autor:

Jácome Prado Oscar Darío

Director:

Ing. Iván Iglesias Navarro MSc.

IBARRA - ECUADOR

FEBRERO 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	175278228-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Jácome Prado Oscar Darío		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	odjacomep@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	0988944833	TELÉFONO MÓVIL:	0988944833
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Sistema de supervisión de producción y eficiencia de máquinas tejedoras de una planta textil		
AUTOR (ES):	Oscar Darío Jácome Prado		
FECHA:	28 de Febrero del 2020		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica		
DIRECTOR:	Ing. Iván Iglesias Navarro Contenido MSc.		

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de Febrero de 2020

EL AUTOR:



Oscar Darío Jácome Prado

C.I. 175278228-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Magister Iván Iglesias Navarro con cédula de identidad Nro. 1755855499, director del presente trabajo de titulación certifica:

Que, el presente trabajo de titulación denominado: **“SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y EFICIENCIA DE MÁQUINAS TEJEDORAS DE UNA PLANTA TEXTIL”**. Ha sido desarrollado por el Sr. Oscar Darío Jácome Prado bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ing. Iván Iglesias Navarro MSc

C.I. 1755855499

DIRECTOR

Ibarra, Febrero 2020

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres por ser los promotores de mis sueños, por brindarme su infinito amor y creer ciegamente en mí, siempre me han ayudado y apoyado en cada decisión que he tomado.

A mi hermana Leidy, mi sobrina Sarita y toda mi familia gracias por ser el motor de mi vida, han aportado mucha felicidad en mi vida.

No fue fácil culminar este proceso, por eso le agradezco a cada persona que influyó para que ahora pueda concluir la universidad y obtener mi título profesional.

DEDICATORIA

A mis padres Adalberto Jácome y Socorro Prado, quienes con su amor, comprensión y esfuerzo pueda hoy culminar una etapa más, es un privilegio ser hijo de personas tan nobles y luchadoras. Todo lo que soy se lo debo a ellos.

A mis amigos que de manera desinteresada me apoyaron para superar está etapa que hoy culmina, gracias por compartir su tiempo conmigo, fueron de mucha ayuda.

A mis compañeros en especial a Wilmer Aguirre y Andrés Sanipatín por compartir su conocimiento y ayudarme a superar las dificultades que se presentaron en el transcurso de cada semestre de la carrera y llevar a cabo este trabajo de titulación.

RESUMEN

En los últimos años las fábricas textiles automatizan sus procesos de manera progresiva, un ejemplo es la implementación de sistemas SCADA, el cual permite monitorear las operaciones en tiempo real. El presente trabajo realiza un proyecto piloto del sistema de supervisión de la producción y eficiencia de las máquinas tejedoras de una planta textil.

La empresa de estudio no cuenta con un debido control en los tiempos de producción automatizados, para ello se recopila la información acorde a los diferentes tipos de sistemas SCADA y sus componentes, además identificar las variables a automatizar, en el capítulo 2 se puede observar los parámetros para el diseño del HMI, considerando la normativa y la interactividad que se le brinde al usuario, como también la implementación de los componentes del automatismo; se realiza la selección de software y el PLC que es encargado de procesar la información.

Para crear los gráficos y reportes de producción del proceso, se genera una base de datos considerando la interconectividad que existe entre los diferentes programas, ya que es necesario validar la información en tiempo real.

ABSTRACT

In recent years, textile factories are progressively automating their processes, an example is the implementation of SCADA systems, which allows monitoring operations in real time. The present work carries out a pilot project of the supervision system in the production and efficiency of the weaving machines of a textile plant.

According to the different types of SCADA systems and their components the information was collected, in addition to identifying the variables to be automated. In chapter 2, the parameters for the design of the HMI can be observed, considering the regulations and interactivity provided to the user, as well as the implementation of the automation components. The HMI software is Intouch responsible for processing the information collected by the S7-1200 PLC.

To generate the graphics and production reports of the process, a database is generated from Intouch, considering the interface that exists between the different programs, since it was necessary to validate the information in real time, Excel is used to process the data and generate graphs.



ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
Problema	1
Objetivos	1
Objetivo General	1
Objetivos Específicos.....	2
Justificación.....	2
Alcance.....	3
1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Trabajos previos relacionado al proyecto	4
1.2 Sistemas SCADA.....	5
1.2.1 Componentes de un sistema SCADA.....	5

1.2.1.1	Unidad Central (MTU).	6
1.2.1.2	Unidad Remota de Telemetría (RTU).	6
1.2.1.3	Controladores Lógicos programables.	7
1.2.1.4	HMI	10
1.2.1.5	Instrumentos de campo.	11
1.2.2	Red de comunicación.	11
1.2.2.1	Comunicación entre softwares.	12
1.2.3	Características de un sistema SCADA.	13
1.2.4	Bases de Datos.	13
1.2.4.1	Base de datos relacional.	14
1.2.4.2	Base de datos en un sistema SCADA.	14
1.2.5	Software de SCADA.	15
1.2.5.1	WinCC.	15
1.2.5.2	Movicon 11.	15
1.2.5.3	Wonderware Intouch	16
1.3	Descripción del proceso de fabricación de medias.	17
2.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.	19
2.1	Tipo de investigación.	19
2.2	Diseño de la investigación	19
2.2.1	Fase 1. Investigación	19

2.2.2	Fase 2. Diseño de la prueba piloto del sistema supervisor.....	19
2.2.3	Fase 3. Implementar la propuesta.....	20
2.2.4	Fase 4. Generar indicadores de productividad	20
2.3	Diseño de la prueba piloto del sistema supervisor.....	21
2.3.1	Identificación de las variables a automatizar.	21
2.3.2	Especificaciones del sistema a diseñar.....	21
2.4	Planteamiento de la alternativa de solución.....	22
2.5	Desglose de la alternativa de solución	23
2.5.1	Programación del PLC	24
2.5.2	Diseño del HMI.....	28
2.5.2.1	Pantalla principal	28
2.5.2.2	Reportar falla	30
2.5.2.3	Estadísticas de la máquina.....	33
2.5.2.4	Finalizar turno.....	34
2.6	Características de equipos y componentes del automatismo.	36
2.6.1	PLC Siemens S7 1200.....	36
2.6.2	Relés Industriales Electromecánicos	36
2.6.3	Sensor reflectivo E3F-R2NA	37
2.6.4	Cableado.....	38
2.7	Implementación del equipo de automatismo y cableado	39

2.7.1	Montaje del tablero de control	39
2.7.2	Montaje del cableado	42
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACIÓN DE GRÁFICOS	43
3.1	Validación del HMI del sistema supervisor.....	43
3.2	Clasificación de los datos obtenido.....	43
3.2.1	Base de datos “Producción”	43
3.2.2	Base de datos “Paros reportados”	44
3.3	Procesamiento de datos.....	45
3.4	Generación de gráficos y reportes de producción.....	46
3.4.1	Gráficos de producción	46
3.4.2	Generación de reportes.....	50
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
	Conclusiones	53
	Recomendaciones.....	54
	REFERENCIAS.....	55
	ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Niveles de Jerarquía de un sistema SCADA MTU [11]	6
Figura 1-2 Diagrama de bloques de una RTU [12].....	7
Figura 1-3 Estructura básica del PLC y periféricos. [15].....	8
Figura 1-4 Proceso de fabricación de los calcetines.	18
Figura 2-1 Diagrama de funcionamiento del sistema.....	24
Figura 2-2 Programación contador medias	25
Figura 2-3 Programación paro de máquina	25
Figura 2-4 Programación estado máquina.....	25
Figura 2-5 Tratamiento de señal encendido Máquina 60.....	26
Figura 2-6 Programación reinicio contadores	26
Figura 2-7 Pantalla Principal iniciado sesión el programador	29
Figura 2-8 Pantalla Principal iniciado sesión el operador.....	30
Figura 2-9 Listado de fallas máquina 59.....	31
Figura 2-10 Tipos de fallas de ajustes.....	31
Figura 2-11 Tipo de fallas electrónicas	31
Figura 2-12 Tipos de fallas mecánicas.....	32
Figura 2-13 Tipos de fallas de planificación.....	32
Figura 2-14 Tipos de fallas de programación	32
Figura 2-15 Botón cuadrado de la máquina 60	33
Figura 2-16 Pantalla de estadísticas de la Máquina 60	34
Figura 2-17 Pantalla Principal iniciado sesión el supervisor	34
Figura 2-18 Fin de turno	35

Figura 2-19 Clasificación de medias máquina 60.	35
Figura 2-20 Funcionamiento del sensor fotoeléctrico reflectivo.	37
Figura 2-21 Ubicación de los componentes del automatismo en el doble fondo.....	41
Figura 2-22 Componentes del automatismo ubicados en el interior del tablero de control.....	41
Figura 2-23 Conexión cables del sensor	42
Figura 3-1 Diagrama importar base de datos a Excel [35].....	45
Figura 3-2 Gráfico comparación de tiempo encendido-paro	46
Figura 3-3 Gráfico medias producidas	47
Figura 3-4 Gráfico tiempos de falla reportados	47
Figura 3-5 Gráfico de tiempos de falla ajustes.....	48
Figura 3-6 Gráfico de tiempos de falla mecánico	48
Figura 3-7 Gráfico de tiempos de falla planificación.....	49
Figura 3-8 Gráfico de tiempos de falla programación	49
Figura 3-9 Gráfico de comparación de fallas reportadas y sin reportar	50
Figura 3-10 Segmentación de datos	50
Figura 3-11 Reporte de producción de medias	51
Figura 3-12 Reporte de tiempos de falla	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Comparación de parámetros de los softwares SCADA.....	17
Tabla 2-1 Variables del PLC.....	27
Tabla 2-2 Especificaciones del PLC S7-1200.....	36
Tabla 2-3 Especificaciones del sensor reflectivo E3F-R2NA.....	37
Tabla 2-4 Especificaciones de los cables [33]	39
Tabla 2-5 Componentes del tablero de control y su respectiva codificación.....	40

INTRODUCCIÓN

Problema

Actualmente las fábricas textiles cuentan con sistemas modernos automatizados que les permiten obtener los datos de producción en tiempo real, en las diferentes áreas de trabajo, facilitando así el acceso a estos por parte del personal administrativo de las empresas; sin embargo, dicha información no es visualizada ni analizada lo que conlleva a que no se disponga de los datos de eficiencia de las máquinas ni tampoco se visualicen oportunidades de mejora de la producción.

En la planta de producción de estudio dispone de sesenta y cuatro (64) máquinas tejedoras de las cuales un 60% trabajan continuamente. El método para recolectar y procesar la información es manual, donde el conteo de la producción es llevado a cabo por parte de los operarios, quienes pasan el informe al supervisor. Este proceso se puede realizar de una forma automatizada y el tiempo ocupado se puede emplear para realizar otras actividades. Adicionalmente, al no contar con esta información en tiempo real, no se toman decisiones ni se detectan oportunidades de mejora de una forma oportuna.

Por otra parte, existe el problema que las máquinas permanecen encendidas sin producir, lo que genera baja eficiencia y pérdidas económicas a la empresa por desperdicios de energía eléctrica, aire comprimido y productividad.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un sistema de supervisión de producción y eficiencia de las máquinas tejedoras de la planta de producción de una empresa textil.

Objetivos Específicos

- Identificar un sistema de supervisión acorde a las necesidades de la automatización de la planta de producción.
- Diseñar el sistema de supervisión.
- Implementar una prueba piloto del sistema de supervisión en la planta de producción.
- Desarrollar indicadores de control de eficiencia y productividad

Justificación

En la última década las fábricas están experimentando cambios muy significativos en el área de las tecnologías de la información y las comunicaciones, [1] muchos de estos cambios se ven reflejados al mejorar la visualización de la información de los diferentes procesos [2].

La compañía actualmente cuenta con un sistema de supervisión manual, por lo que demora bastante tiempo analizar la información de los procesos de tejeduría. Para solucionar esto se desarrolla un sistema piloto de supervisión de producción y eficiencia de máquinas tejedoras de una empresa textil.

La implementación del sistema de supervisión en la empresa textil permite integrar en una unidad el monitoreo de las máquinas de tejido escogidas para revisar la viabilidad del proyecto, además de crear reportes, esta información brinda un control de producción continuo, mejorando la capacidad de monitorización sobre la planta de tejido de la empresa, lo que se traduce en un óptimo sistema de supervisión.

El proyecto ayuda al personal del área de producción de tejido, a tener una supervisión en tiempo real, visualizando que máquinas permanecen encendidas sin producir. El personal de mantenimiento puede asesorarse del sistema para verificar cuales máquinas tienen paradas más

frecuentes y el tiempo en que se reparan, dando paso a un mantenimiento predictivo, además pueden tener en cuenta el tiempo de vida de las partes de las máquinas según el tiempo de uso.

Se busca el diseño más idóneo que cumpla las características acordes a las necesidades de la empresa; características como: protocolo de comunicación, tipo de software, instrumentación, tipo de procesamiento de datos.

El proyecto ayuda a monitorear la eficiencia de las máquinas y evaluar los tiempos improductivos de cada máquina, con esto el personal de producción y mantenimiento pueda tomar acciones para reducir los tiempos de paros de las máquinas mediante el sistema de supervisión del presente proyecto

Alcance

En el presente trabajo se busca diseñar un plan piloto de prueba de un sistema de supervisión de producción y eficiencia de las máquinas del área de tejido en una empresa textil, esta prueba se realiza en 3 máquinas de tejer; posteriormente genera una base de datos con la información asociada a la producción de la empresa y finalmente se llevarán a cabo pruebas de funcionamiento del sistema como generación de reportes y gráficos de producción, que permitan a los encargados del área administrativa una mejor toma de decisiones.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analiza todos los conceptos necesarios para desarrollar el sistema de adquisición de información, teniendo en cuenta la instrumentación, software, redes de comunicación y sistema generador de base de datos. Es el punto de partida para realizar un buen diseño del presente proyecto.

1.1 Trabajos previos relacionado al proyecto

Los diferentes temas referentes al proyecto se pudieron encontrar en bibliografía de la UTN y demás universidades del Ecuador y Latinoamérica, dando pie a mejoras de sistemas de supervisión, como se muestra a continuación:

- Según Carlosama, en [3] diseñó un SCADA para invernadero desarrollado en software libre, el cual se hizo mediante un PLC siemens s7-1200 conectado a una computadora central, la comunicación se realizó mediante protocolo de comunicación Ethernet TCP/IP. Movicon es el software de código abierto, logró controlar siete variables críticas que se necesitaban controlar para un control óptimo del invernadero.
- Herrera y Checa, en [4] desarrollaron un SCADA para el monitoreo de doce máquinas, se realiza un diseño mediante LABVIEW para generar las interfaces gráficas. Como se resultado se obtuvieron un interfaz donde se puede generar reportes automáticos de producción y estado de las máquinas.
- Bravo y Guamán, [5] proponen el diseño de un SCADA para monitorear en tiempo real los procesos de la Planta de Fuerza del Molino Papelero Cartopel, la cual toma en cuenta 5 variables para medir y controlar del proceso de fabricación de papel. El planteamiento de costos se genera luego de verificar la gestión de instrumentación. El software usado es SIMATIC WINCC, usado para la supervisión y control de instalaciones industriales.

- Olivo y Cortés, [6] Proponen un SCADA para supervisar el área de producción de traslúcido, controlando la temperatura de funcionamiento de las máquinas. El sistema contiene una base de datos de históricos de temperaturas en las máquinas. Información que es de importancia para gerencia.
- Ávila, [7] diseña un sistema de automatización para una planta trilladora de café, usan 3 PLC's para los procesos recepción, sección mecánica y sección electrónica, controlan 86 motores generando las secuencias de apagado y encendido en diferentes mandos: manual, automático y control por grupos. La red de comunicaciones es Profinet.

1.2 Sistemas SCADA

Según Rodríguez, en [8] se le llama "SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo."

El sistema SCADA permite programar fácilmente la visualización de un proceso de planta industrial, teniendo como funciones: manipular la seguridad, alarmas, reportes, gráficos, tendencias y bases de datos. Todo esto con el fin de que el operador pueda interactuar con el proceso industrial. Por lo general los procesos del SCADA se realizan mediante PLC, dejando al computador simplemente para adquisición de datos y su posterior visualización. [9]

1.2.1 Componentes de un sistema SCADA.

Un sistema SCADA por lo general, usa como unidad central (MTU) un PLC que se encarga de controlar todo el sistema, equipo de comunicaciones como cable, bluetooth, satélite, entre otros; además de los sensores y actuadores que están controlados por unidades remotas de telemetría (RTU). Todo esto está jerarquizado en diferentes niveles (Figura 1-1). [10]

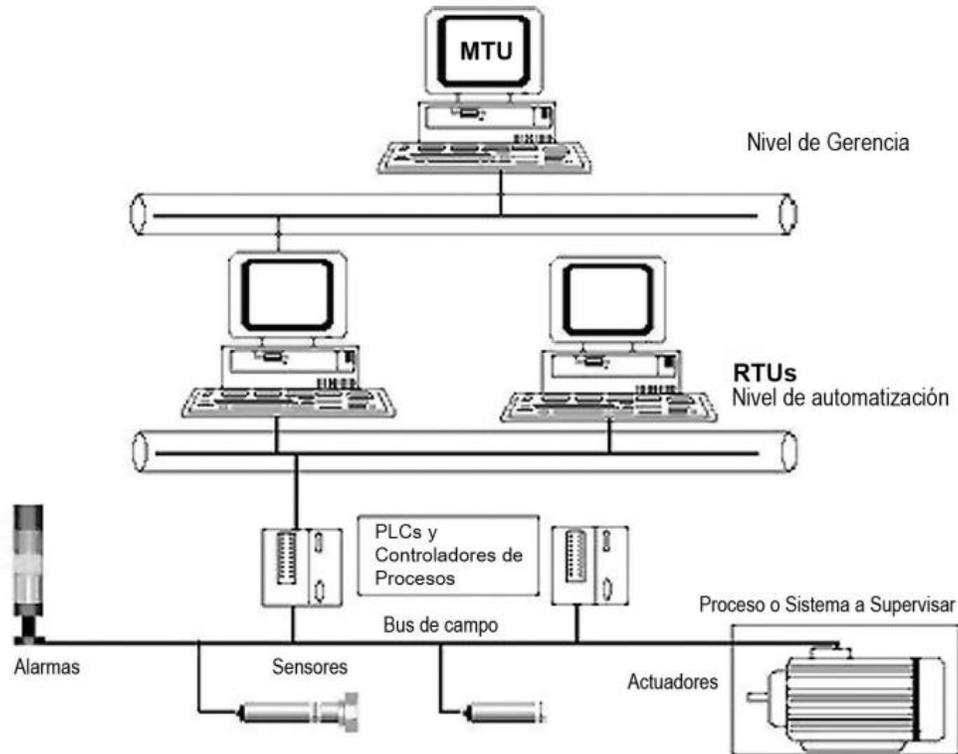


Figura 1-1 Niveles de Jerarquía de un sistema SCADA MTU [11]

1.2.1.1 Unidad Central (MTU).

Es conocido como unidad maestra, es el encargado de ejecutar las acciones de mando previamente programadas, también se encarga de almacenar y procesar los datos, para poder transferir por medio de los buses de comunicación. [3]

1.2.1.2 Unidad Remota de Telemetría (RTU).

Las unidades remotas son equipos encargados de recopilar datos y codificarlos para transmitirlos a la unidad central, para ello usan los diversos protocolos de comunicación industrial, también se encarga de dar seguridad de los datos restringiendo el acceso sin autorización. [8]

La RTU tiene entradas que sirven para medición de las diferentes variables de un proceso y salidas para controlar los actuadores del sistema, además del puerto de comunicaciones (Figura 1-2). [12]

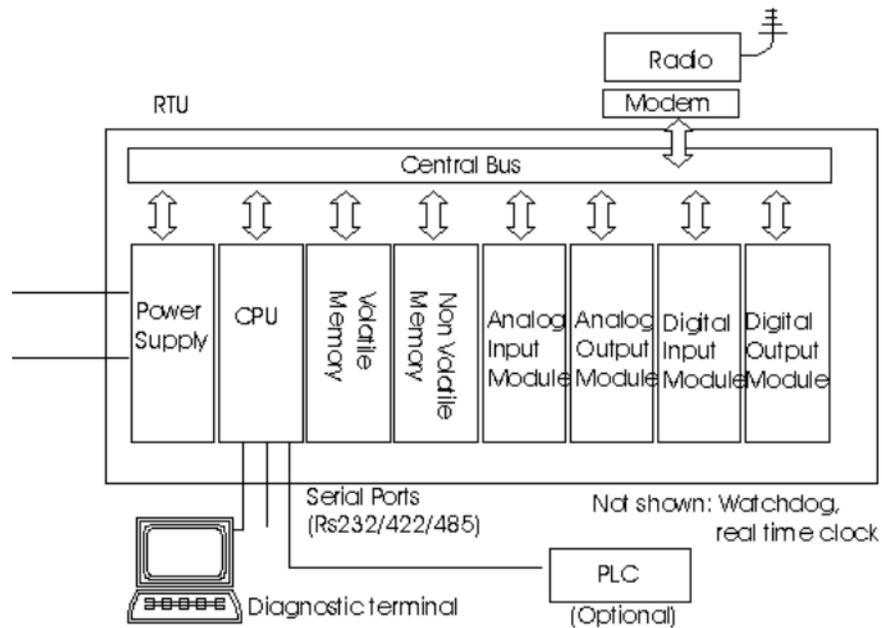


Figura 1-2 Diagrama de bloques de una RTU [12]

1.2.1.3 Controladores Lógicos programables.

Según la norma IEC 61131, un PLC es “Un sistema electrónico programable diseñado para ser utilizada en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implementar funciones específicas, tales como funciones lógicas, secuencias, temporización, conteo y funciones aritméticas, para controlar, a través de digital o analógica. Entradas y salidas, varios tipos de máquinas o procesos. Tanto el PLC como sus periféricos asociados están diseñados para que puedan integrarse fácilmente en un sistema de control industrial y usarse fácilmente en todas sus funciones previstas” [13]

La estructura básica del PLC principalmente se basa en tres grupos (Figura 1-3)

- **Unidad central:** contiene un procesador y una memoria
- **Interfaz de entradas y salidas:** Está formado por los componentes electrónicos que reciben y entregan señales digitales o analógicas del entorno de los elementos que actúan en el proceso de automatización.

- **Periféricos:** se encuentran todos los aparatos electrónicos que complementan al PLC para llevar a cabo el proceso industrial, entre ellos están:
 - Módulo de variables entradas/salidas
 - Unidades de almacenamiento
 - Módulos de Pantalla
 - PLC de menor jerarquía
 - Alarmas [14]

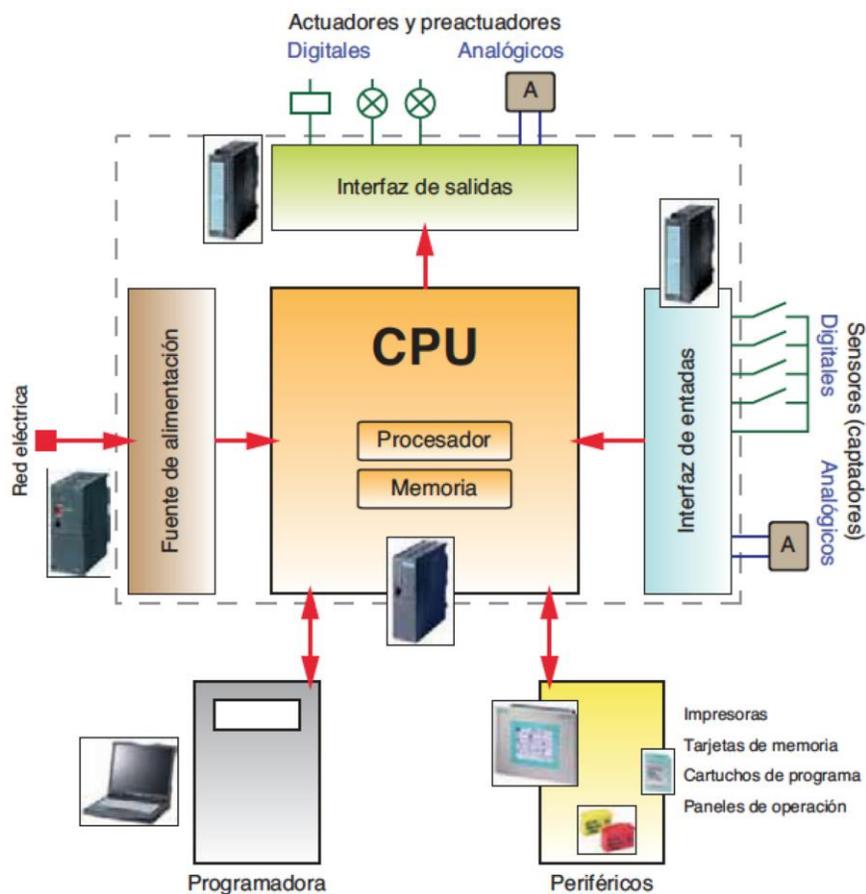


Figura 1-3 Estructura básica del PLC y periféricos. [15]

Ventajas del PLC

En el mundo de la automatización, un PLC es el componente más importante. Existen otros sistemas basados en relevadores que son más costosos, entre los principales beneficios están:

Reutilización del equipo: se asocia con el costo beneficio, es decir se puede actualizar el PLC reprogramando sus funciones para lograr desempeñar las nuevas tareas.

Programación: gracias a la norma IEC 1131-3 se estandarizaron los lenguajes de programación para los fabricantes de PLC, generando un manejo de lenguaje amigable con el usuario y compatible entre las diferentes marcas de PLC. [14]

Costo: En comparación con otros equipos el autómata programable requiere menos mantenimiento y menor remplazo de piezas, reduciendo las paradas de línea de producción. [16]

Programación en PLC

Para poder programar un PLC es necesario un computador, además es necesario tener el software de la marca del PLC, este programa contiene una variedad de instrucciones cargadas previamente en el controlador para realizar las diversas funciones del PLC. [16]

Requerimientos de Selección:

Para escoger un PLC se deben considerar diversos requerimientos necesarios para el proceso de automatización:

- Protocolos de comunicación con los dispositivos basado en las normativas.
- Capacidad de memoria interna y externa.
- Número de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.
- Fuente de alimentación.
- Costos.
- Tipo de programación y almacenamiento.
- Capacidad de temporizador.
- Condiciones ambientales de exposición del PLC.
- Tipo de control: Distribuido, centralizado, Individual. [17]

El PLC más acorde para desarrollar el proyecto es el S7 1200 de Siemens, este componente tiene un diseño compacto, configuración flexible y un potente conjunto de instrucciones para solucionar problemas de automatización industrial.

1.2.1.4 HMI

HMI es un interfaz hombre-Máquina, este mecanismo permite al operador interactuar con los procesos de una máquina y mostrar la magnitud de los dispositivos que está evaluando los sistemas de automatización. [12]

Tener en tiempo real la información operativa que controle el proceso es parte del dominio HMI. Las HMI generan una herramienta capaz de hacer más entendible los procesos permitiendo su control y posterior optimización mediante el manejo de los datos que están procesando. [18]

Modelos HMI

Para realizar un HMI se debe tener en cuenta 3 puntos de vista distintos: el del usuario, del programador y del diseñador. Cada persona tiene un modelo proyectado, y es necesario tomar en cuenta cada aspecto necesario para realizar una buena interfaz. El modelo tiene tres partes: presentación, interacción y relaciones que hay entre los objetos.

- **Presentación:** para ello se debe tener en cuenta aspectos psicológicos de las personas que van a manejar el HMI, debe captar la atención del usuario.
- **Interacción:** a través de diferentes componentes que usa el usuario.
- **Relaciones entre objetos:** el diseñador debe plasmar y dar cabida al modelo que pide el usuario. [19]

Funciones principales de un HMI

- **Supervisión y monitoreo:** puede mostrar las variables de la planta en tiempo real mediante números, textos y gráficos, además de poder modificarlos según sea conveniente para el operador.
- **Alarmas:** reconoce eventos basados en los límites de control del proceso para luego reportarlos.
- **Histórico:** muestrea y almacena los datos obtenidos en el proceso de automatización en un periodo de tiempo estimado, es fundamental para la optimización de los diferentes procesos.
- **Control:** está más arraigado con la programación del HMI, ajustando valores permisibles para que una determinada tarea del proceso se realice mediante algoritmos.

[20]

1.2.1.5 Instrumentos de campo.

Los instrumentos de campo se encargan de receptar las señales del proceso para su posterior procesamiento (sensores y alarmas), también de controlar los diferentes actuadores (bombas, motores, válvulas). Estos instrumentos deben estar conectados a la red industrial, por lo general al PLC para la adquisición y control de datos. [21]

1.2.2 Red de comunicación.

La red de comunicación esta encargada de transmitir información entre la instrumentación del campo mediante los ordenadores del sistema. Para escoger el tipo de bus de campo se debe tener en cuenta las necesidades y software que se vaya a implementar en el sistema SCADA.

Las comunicaciones están estandarizadas con los diversos dispositivos de campo, se destacan sistemas SCADA basados en estándares RS-232, RS-422 y RS-485 por medio del protocolo TCP/IP. [22]

1.2.2.1 Comunicación entre softwares.

Existen varios tipos de comunicación entre aplicaciones informáticas, las que más se destacan son:

- **OPC:** Según Rodríguez, en [8] “OPC son las siglas Ole for Process Control (OLE para control de procesos) y es una tecnología diseñada para comunicar aplicaciones. Es un estándar para la interconexión de sistemas basados en el SO Windows y hardware de control de procesos.”
- **DDE:** Tecnología de intercambio dinámico de datos permite que cualquier software de Windows, pueda intercambiar información con otro similar.
- **ODBC:** Conectividad de base de datos abierta, se tiene un estándar que acceden los diferentes softwares a datos en sistemas de gestión de base de datos, usando a SQL como único estándar de acceso.
- **SQL:** Es el estándar por excelencia para poder comunicarse entre las diferentes bases de datos, permitiendo una interfase común para el acceso los datos por parte de cualquier programa que este enlazado a SQL. Entre las ventajas de este estándar están:
 - Los eventos que se pueden activar automáticamente bajo la demanda del programador.
 - El libre intercambio de datos entre base de datos. [8]

1.2.3 Características de un sistema SCADA.

Los SCADA ofrecen una característica muy importante en el ámbito de automatización, el de la supervisión. Gracias a esto el operador puede supervisar el control de la planta en tiempo real.

Entre las diferentes características se encuentran: [22]

- Adquisición y almacenamiento de datos recibidos de manera continua y fiable.
- Representación mediante gráficos de variables de los procesos y su monitorización por medio de alarmas
- Conectividad con aplicaciones diferentes y bases de datos integradas.
- Supervisión desde un monitor las diferentes variables que controla.
- Alertar al operador las diferentes anomalías detectadas en la planta, esto se almacena en un historial para analizar su comportamiento.
- Transmisión de información entre los dispositivos que se encuentran en la planta.
- Procesamiento de los datos adquiridos con fines de gerencia: gestión de calidad, estadísticas, producción y administración [23]

1.2.4 Bases de Datos.

Según Osorio Rivera, [24] la base de datos “es un conjunto de elementos interrelacionados y una serie de programas que permiten a varios usuarios tener acceso a estos archivos ya sea para consultarlos o actualizarlos”.

Los lenguajes de la base de datos se distribuyen en: lenguaje de almacenamiento y definición de datos que especifica la implementación del esquema de la base de datos; lenguaje de manipulación de información que sirve para formular consultas y actualizaciones. estos lenguajes se complementan para formar parte de un solo. [25]

1.2.4.1 Base de datos relacional.

Este modelo de base de datos es un conjunto de tablas, y a cada una se le establece un nombre propio; en cada fila incorpora una relación de los valores asignados. Es decir, una tabla es un conjunto de objetos y cada fila es un objeto. [25]

Las bases de datos relacionales son las encargadas de garantizar la definición de datos, la creación, consultas, actualizaciones, protección y seguridad de los datos contenidos en la base de datos. Todo esto permite la arquitectura cliente-servidor, mejorando la gestión de datos y los programas que trabajan con estos.

1.2.4.2 Base de datos en un sistema SCADA.

En los sistemas SCADA la base de datos cumple un rol importante, ya que para almacenar toda la información del sistema usa diferentes tablas; la información se puede ubicar en una computadora, en la nube o en un servidor. Un requisito para utilizar un software de SCADA es tener instalado un SQL Server.

Los softwares de SCADA por lo general usan dos protocolos generadores de datos: historian y registro de datos, que son los encargados de llenar las tablas que posteriormente se llevan a la base de datos.

- **Historian:** es el encargado de registrar los históricos de los parámetros respecto al tiempo y lo almacena en una base de datos. El historian guarda la información de la instrumentación para su posterior análisis.
- **Registro de datos (Datalogger):** registra información, alarmas y eventos en una base de datos interconectadas que ya está configurada por el programador, con esto permite hacer consultas e informes de los procesos. [26]

1.2.5 Software de SCADA.

El software SCADA se puede dividir en software propietario y abierto. El software propietario no es tan usado, ya que lo desarrollan las empresas exclusivamente para que se pueda comunicar con su hardware generando una dependencia abrumadora de los productos de la misma marca, un ejemplo es WinCC de SIEMENS. En cambio, los paquetes de software abierto son populares debido a la interoperabilidad del sistema teniendo la capacidad de conectar con diferentes fabricantes en el mismo sistema, Citect y Wonderware Intouch son solo dos paquetes de software abiertos. [27]

1.2.5.1 WinCC.

WinCC (Windows Control Center) Es un software de Siemens desarrollado para implementar sistemas SCADA para visualizar y controlar procesos industriales, sus características más importantes son:

- Programación en C
- Conexión con otras aplicaciones vía OPC
- Programación online, es decir se puede programar mientras el programa está funcionando.
- No puede comunicarse con PLC de marcas diferente a Siemens
- Proyectos multilingües. [28]

1.2.5.2 Movicon 11.

Movicon es una solución para desarrollar aplicaciones de software de supervisión, control y adquisición de datos con una interfaz amigable al usuario, este programa garantiza la confiabilidad de manejo de datos. Entre las características más importantes están:

- Software independiente del hardware.

- Tiene una buena conectividad con los diferentes protocolos de comunicación industrial, así pudiendo conectarse con cualquier PLC.
- Su runtime es limitado hasta 2 horas.
- Ofrece un motor de gráficos vectoriales basado en formatos SVG, permitiendo la mayoría de los formatos de imágenes.
- Graba los datos en bases de datos independientes mediante ODBC. [29]

1.2.5.3 Wonderware Intouch

Intouch es un software pionero del mundo de SCADA, actualmente es muy conocido por la visualización de los procesos que maneja, ya que son muy potentes y amigables con el operador; asegurando una facilidad de manejo y conectividad superior comparada con los otros softwares. Sus principales características son:

- Contiene más de 500 símbolos asociados a los procesos industriales en una biblioteca permitiendo programar de manera rápida y sencilla.
- Fácil conectividad ya que contiene su propio OPC por medio de Wonderware DA Server, permitiendo conectar con cualquier protocolo de comunicación industrial. Intouch puede conectarse a centenares de entradas y salidas del PLC.
- Visualización de los procesos desde cualquier lugar. El usuario puede controlar datos y visualizar el desempeño de la planta en tiempo real, por medio de celulares, tablets o computadores remotos.
- Fácil readaptación de las aplicaciones y rastreo de datos al actualizar el software. [30]

Para escoger el software óptimo para desarrollar este proyecto es necesario comparar los diferentes software SCADA (Tabla 1-1).

Tabla 1-1 Comparación de parámetros de los softwares SCADA.

Parámetro	WinCC	Movicon 11	Wonderware Intouch
Licencia	Pagada	Gratuita	Pagada
Comunicación con diversos PLC	Sólo puede conectarse con PLC de Siemens.	Contiene drivers para poder conectarse con PLC más conocidos.	Por medio de Wonderware DA Server, que es un OPC propio.
Uso estudiantil	No hay licencia estudiantil en la universidad	Al ser software gratuito no necesita licencia para funcionar	Existe licencias de uso estudiantil en la universidad.
Límite de variables	Sin limites	Sin limites	Sin limites
Idiomas	Multilingüe	Multilingüe	Multilingüe
Límite de Runtime	Sin límite	2 horas	Sin límite

Según las necesidades del proyecto los cuales son la comunicación con diversos PLC's y que el modo runtime funcione por más de una semana, se seleccionó el software Wonderware Intouch debido a que cumple con los requerimientos planteados, además de brindar una fácil e intuitiva programación y la garantía ya que más de un tercio de las empresas lo utilizan.

1.3 Descripción del proceso de fabricación de medias.

Se tiene al hilo como principal materia prima para la obtención de un calcetín, se debe pasar por diferentes procesos para obtener un producto terminado y de calidad (Figura 1-4).

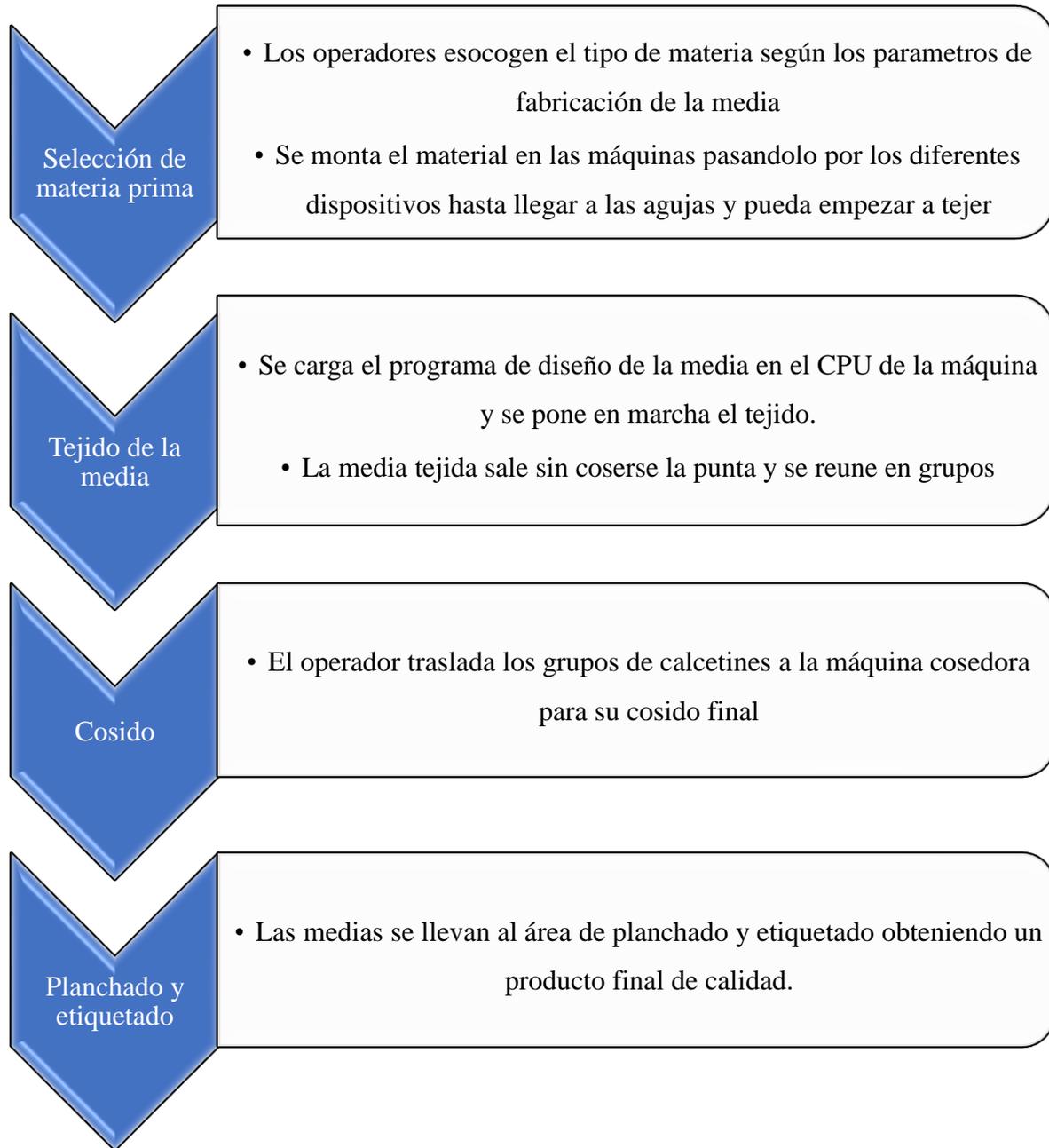


Figura 1-4 Proceso de fabricación de los calcetines.

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Este capítulo tiene el rol más importante para el desenlace del proyecto, ya que se debe plantear buenas estrategias para dar solución al problema que se planteó.

2.1 Tipo de investigación

El proyecto consta de tres puntos principales a considerar para su desarrollo: el primero es identificar las características a supervisar y el sistema SCADA que mejor se adapte, mediante la ayuda de información teórica, el segundo es la aplicación de métodos tecnológicos que brinden información en tiempo real y por último tiene la investigación de campo que permite identificar el funcionamiento del sistema supervisor de las máquinas del área de tejeduría.

2.2 Diseño de la investigación

2.2.1 Fase 1. Investigación

Se recopila la información acorde a los diferentes tipos de sistemas SCADA, además de identificar las variables involucradas en el proceso desarrollado en la empresa, a través de la observación y del desarrollo de entrevistas al personal de la planta de producción y estudios de las máquinas. Posteriormente, se clasifican los parámetros que requieren ser automatizados.

- Actividad 1: “Teoría de los sistemas SCADA”
- Actividad 2: “Estudio del funcionamiento y partes de las máquinas tejedoras de calcetines”
- Actividad 3: “Entrevistas al personal calificado de la planta de producción”

2.2.2 Fase 2. Diseño de la prueba piloto del sistema supervisor.

Planteamiento de las características esperadas en la solución a formular y de las restricciones propias del sistema para llegar a una propuesta.

- Actividad 1: “Identificación de variables a automatizar”

- Actividad 2: “Realización de una lista de criterios y restricciones que conlleva a formular la propuesta”.
- Actividad 3: “Planteamiento de la propuesta”.
- Actividad 4: “Desarrollo de la propuesta”.

2.2.3 Fase 3. Implementar la propuesta

Una vez adquiridos los equipos necesarios para la prueba piloto del sistema supervisor, se procede a programar y prepararlos, para luego implementar en el sistema. Se debe contar con asesoría de personal calificado relacionado con el objeto de estudio.

- Actividad 1: “Adquisición de equipos y materiales”.
- Actividad 2: “Implementación del sistema supervisor”
- Actividad 3: “Generar base de datos”
- Actividad 4: “Solucionar errores que haya en el sistema”

2.2.4 Fase 4. Generar indicadores de productividad

Para ello se debe recopilar la información obtenida de las señales procesadas en el PLC y el software SCADA mediante la base de datos, que permita procesar la información recolectada para generar informes y gráficos de producción.

- Actividad 1: “Clasificación de los datos obtenidos”
- Actividad 2: “Procesamiento de los datos”
- Actividad 3: “Generación de indicadores de producción mediante gráficos de productividad”

2.3 Diseño de la prueba piloto del sistema supervisor.

2.3.1 Identificación de las variables a automatizar.

Se revisa las opciones más viables con la debida instrumentación y componentes de las máquinas para poder extraer sus señales.

De cada máquina se identifica 3 tipos de variables y su tipo de señal:

- **Señal 24VAC del transformador de la máquina:** Señal indica el encendido/apagado de la máquina.
- **Señal 24VDC extraída del foco de paro de la máquina:** Señal que se activa cuando la máquina está en falla
- **Señal 24VDC del sensor reflectivo:** Señal que provee información para contar los productos.

En el proyecto se trabaja netamente con señales discretas, por lo tanto, se emplea las entradas digitales del PLC, para obtener un óptimo funcionamiento se requiere el uso de relés encapsulados en las entradas.

2.3.2 Especificaciones del sistema a diseñar.

Un buen sistema de adquisición de datos debe tener características y restricciones que deben ser tomadas en cuenta para poder solucionar el problema planteado.

Características del sistema:

- Es un proyecto piloto del sistema supervisor, se realizarán las pruebas en 3 máquinas por un periodo de una semana.
- 3 señales de entrada al PLC por máquina.
- 1 PLC capaz de controlar el sistema.
- Contadores del tiempo de funcionamiento de máquina y tiempo de parada de máquina

- Gráficos de producción.
- Contador de productos.
- Contador de número de paros en general de cada máquina.
- Contador de los principales tipos de fallos de máquina
- Registro de tiempo de parada de los principales tipos de falla.
- Base de datos de las variables obtenidas de las máquinas.

Restricciones del sistema:

- Entorno de trabajo.
- Modificación de las máquinas.
- Número de entradas del controlador del sistema.
- Procesamiento de la señal.
- Tiempo de muestreo.
- Lugar para colocar el tablero de control.
- Cableado del sistema.

2.4 Planteamiento de la alternativa de solución.

Se diseña un plan piloto de prueba de un sistema de supervisión de producción y eficiencia de las máquinas del área de tejido en una empresa textil, este plan piloto se prueba en 3 máquinas de tejer. Para realizar este proyecto se emplea un PLC de marca Siemens S7-1200 y el software Intouch 2014 R2 SP1, que simula una pantalla HMI.

Access es el encargado de generar la base de datos para obtener los históricos y procesarlos en Microsoft Excel obteniendo como resultado los reportes y gráficos de producción de un periodo de una semana.

2.5 Desglose de la alternativa de solución

Para la declaración de las instrucciones necesarias se emplea el software TIA Portal Versión 15, el cual permite cargar estas instrucciones en el PLC y así adquirir los datos de las variables a supervisar. Los datos son enviados desde el PLC al ordenador mediante el protocolo de comunicación Profinet para lo cual el PLC debe estar permanentemente conectado al computador. La comunicación del PLC y el HMI se usa mediante DA Server que es un OPC propio de Wonderware. En el programa Intouch se diseña el interfaz que permite al operador reportar los tipos de fallo de máquina e indicar el número de productos generados en excelente estado, además este software registra esta información y envía los datos de las variables obtenidas en tiempo real a una tabla de base de datos creada en Access. Se importa desde Excel dicha base de datos y se genera los diferentes gráficos de producción y fallos de las máquinas (Figura 2-1).

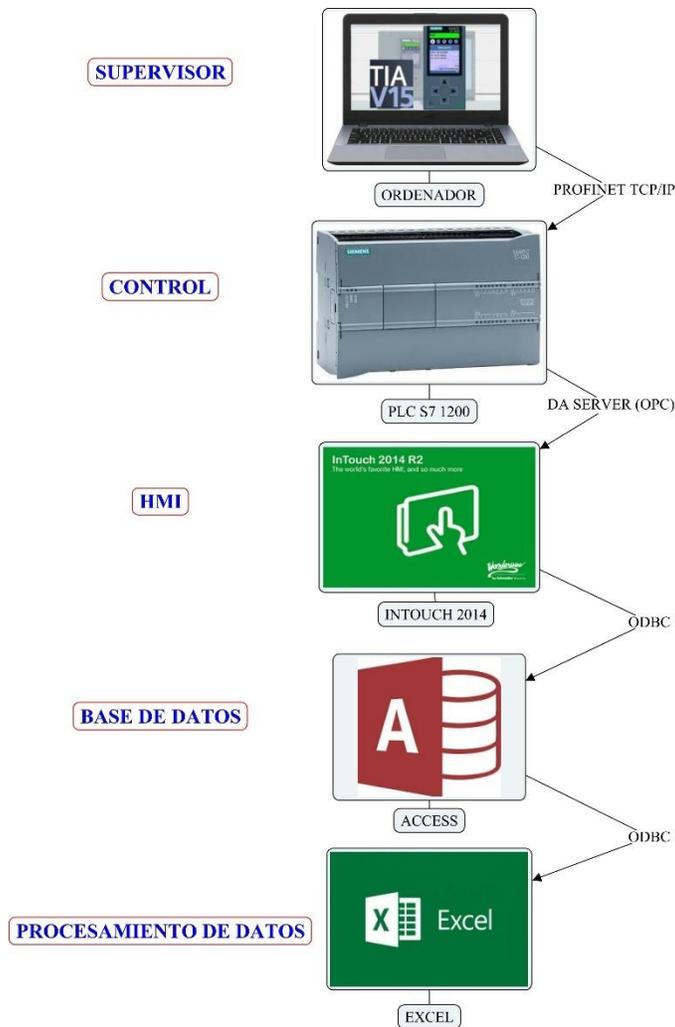


Figura 2-1 Diagrama de funcionamiento del sistema

2.5.1 Programación del PLC

El PLC es el encargado del control del sistema, se encarga de recibir las señales provenientes de las máquinas procesarlas y enviarlas a Intouch, la programación del PLC se realiza en Ladder y las instrucciones se hacen en 4 segmentos:

- **Segmento 1:** Cuenta la producción de la máquina n , el sensor al detectar una media cambia de estado Mn_MEDIAS activa el contador y aumenta en 1 Mn_MEDIAS_TURNO . Cuando se activa desde Intouch Mn_MEDIAS_RESET reinicia el contador (Figura 2-2).

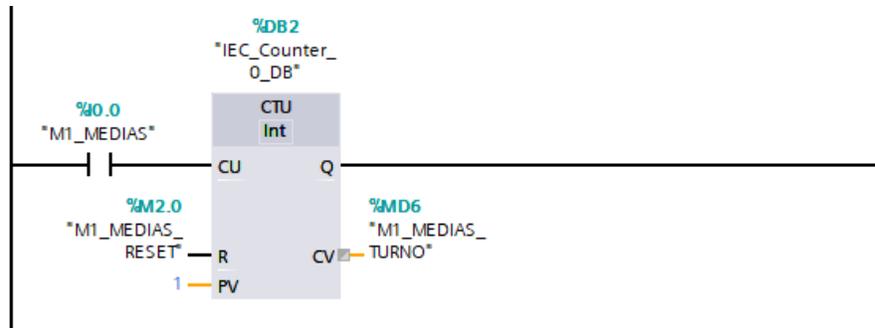


Figura 2-2 Programación contador medias

- **Segmento 2:** Muestra cuando esta parada la máquina, se programa para recibir y asignar los cambios de estado proveniente de la señal de paro de máquina (Figura 2-3).

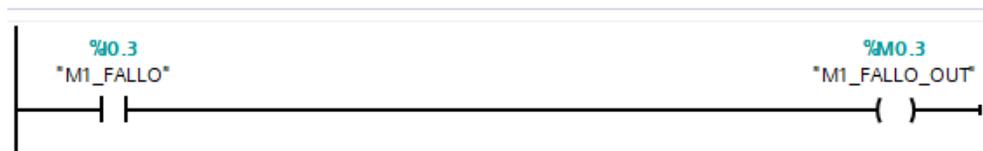


Figura 2-3 Programación paro de máquina

- **Segmento 3:** Indica el encendido/apagado de máquina, se encarga de receptr las señales provenientes del transformador y asignarlas en variables de salida para Intouch (Figura 2-4); hay un problema con el PLC ya que solo tiene 8 entradas digitales y se necesitan 9, por lo tanto, se usa la entrada analógica IW64, se modifica la señal normalizando y escalando en 1 y 0 y se compara con 1 generando una señal discreta para asignar en la variable M3_ENCENDIDA_OUT mostrando el estado de la máquina 60 (Figura 2-5).



Figura 2-4 Programación estado máquina

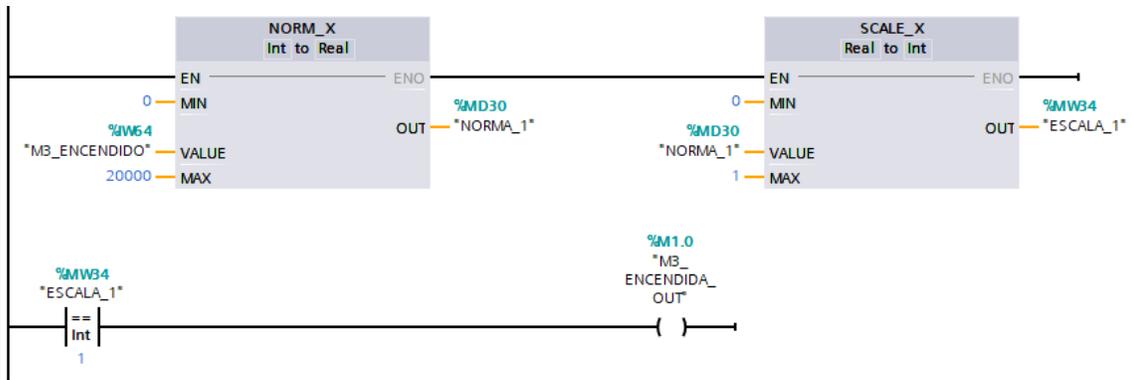


Figura 2-5 Tratamiento de señal encendido Máquina 60

- **Segmento 4:** Al momento en que se activa desde Intouch la variable REINICIO_TOTAL formatea los contadores del segmento 3 (Figura 2-6).

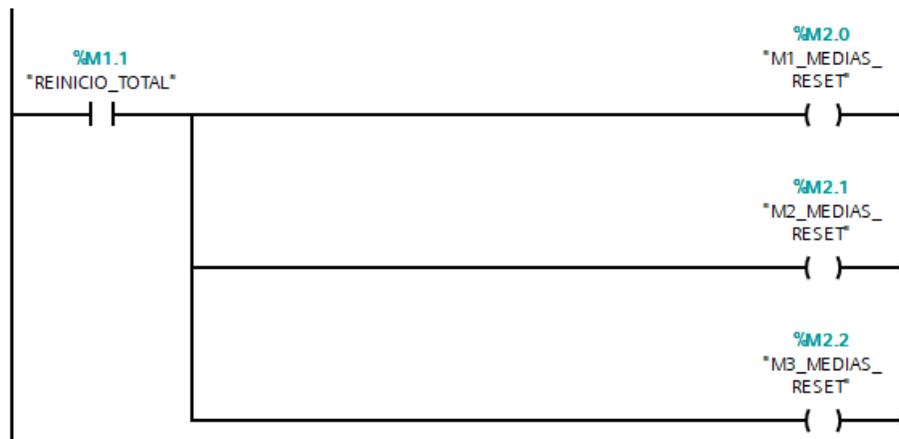


Figura 2-6 Programación reinicio contadores

La programación del PLC es sencilla tomando como base una máquina y replicando a las demás, las variables asignados de entrada del PLC y comunicación se muestra en la tabla 2-1.

Tabla 2-1 Variables del PLC

VARIABLES DEL PLC			
VARIABLE	TIPO	DIRECCIÓN	COMENTARIO
M1_MEDIAS	Bool	%I0.0	Sensor medias Máquina 58
M2_MEDIAS	Bool	%I0.1	Sensor medias Máquina 59
M3_MEDIAS	Bool	%I0.2	Sensor medias Máquina 60
M1_FALLO	Bool	%I0.3	Paro Máquina 58
M2_FALLO	Bool	%I0.4	Paro Máquina 59
M3_FALLO	Bool	%I0.5	Paro Máquina 60
M1_ENCENDIDO	Bool	%I0.6	Encendido Máquina 58
M2_ENCENDIDO	Bool	%I0.7	Encendido Máquina 59
M3_ENCENDIDO	Int	%IW64	Encendido Máquina 60
M1_FALLO_OUT	Bool	%M0.3	Asigna al HMI el fallo de la máquina 58
M2_FALLO_OUT	Bool	%M0.4	Asigna al HMI el fallo de la máquina 59
M3_FALLO_OUT	Bool	%M0.5	Asigna al HMI el fallo de la máquina 60
M1_ENCENDIDA_OUT	Bool	%M0.6	Asigna al HMI el estado de la Máquina 58
M2_ENCENDIDA_OUT	Bool	%M0.7	Asigna al HMI el estado de la Máquina 59
M3_ENCENDIDA_OUT	Bool	%M1.0	Asigna al HMI el estado de la Máquina 60
REINICIO_TOTAL	Bool	%M1.1	Reinicia contadores
M1_MEDIAS_RESET	Bool	%M2.0	Reinicia contador Máquina 58
M2_MEDIAS_RESET	Bool	%M2.1	Reinicia contador Máquina 59
M3_MEDIAS_RESET	Bool	%M2.2	Reinicia contador Máquina 60
M1_MEDIAS_TURNO	Real	%MD6	Asigna al HMI el número de medias por turno de la máquina 58
M2_MEDIAS_TURNO	Real	%MD14	Asigna al HMI el número de medias por turno de la máquina 59
M3_MEDIAS_TURNO	Real	%MD22	Asigna al HMI el número de medias por turno de la máquina 60
NORMA_1	Real	%MD30	Normaliza el valor de M1_ENCENDIDO
ESCALA_1	Int	%MW34	Escala el valor de salida NORMA_1

2.5.2 Diseño del HMI

El HMI requiere de gráficos de procesos con enlaces animados intuitivos para el usuario, como este proyecto es de supervisión a través de adquisición de datos, la programación está relacionada con visualizar las variables de estudio y la generación de la base de datos del proceso.

La programación y diseño del HMI se realiza en Wonderware Intouch, para la interfaz de comunicación con el PLC se usa DA Server que es un OPC propio de Wonderware. Basándose en las necesidades de la empresa y consulta en los trabajadores de la planta se diseña un HMI bastante amigable, en el cual los operadores y supervisores del área de tejeduría son los principales involucrados ya que son encargados de reportar los tipos de fallo e indicar el número de medias buenas producidas en el fin de turno, partiendo de esto se hace un diseño bastante amigable bajo las normas NTP-1098 y UNE EN 60204-1 se realiza un óptimo diseño de HMI generando las siguientes pantallas:

2.5.2.1 Pantalla principal

Esta pantalla brinda información general de las máquinas de estudio, además de poseer botones, indicadores y un reloj distribuidos estratégicamente. Para iniciar sesión el usuario debe hacer clic sobre el botón iniciar sesión (Figura 2-7) y proceder a colocar su usuario y contraseña, los usuarios pueden realizar las siguientes funciones:

- **Operador:** se encarga de reportar las fallas.
- **Supervisor:** finaliza el turno indicando el número de medias buenas que se produjo en cada turno.
- **Programador:** reinicia cuando sea debido todas las variables procesadas en el HMI con el botón “REINICIAR VARIABLES” (Figura 2-7).



Figura 2-7 Pantalla Principal iniciado sesión el programador

Las máquinas tienen 4 estados y se representan por medio de colores debidamente normalizados:

- **Azul:** Máquina funcionando, se puede notar en el cuadro que recubre la máquina 58 (Figura 2-8).
- **Rojo:** Máquina en falla, en la máquina 60 (Figura 2-8) se encuentra en falla y se torna en rojo.
- **Intermitencia Amarillo-negro:** En la máquina 59 (Figura 2-8) sobrepaso el tiempo límite de falla así que se debe reportar el fallo, cuando se activa empieza la intermitencia hasta que el operador reporte.
- **Verde:** Máquina apagada (Figura 2-7 en las máquinas 58 y 59).



Figura 2-8 Pantalla Principal iniciado sesión el operador

2.5.2.2 Reportar falla

A pedido de los trabajadores de la planta a partir de los cinco minutos se debe reportar el tipo de falla, aquí se hace visible el botón rojo REPORTAR y salta una alarma, parpadea en amarillo y negro, llamando la atención del operador para que una vez esté arreglado el fallo le dé clic en dicho botón (Figura 2-8 en la máquina 59) y abra la pantalla “LISTADO DE FALLAS DE LA MÁQUINA” (Figura 2-10), se desprende un menú en el que el operador debe escoger un tipo de falla que tuvo la máquina al darle clic se retorna al menú principal o hay paros que abren una pantalla con el submenú correspondiente, todo esto se hace con la intención de categorizar de mejor manera los fallos más comunes, como es el caso del fallo de ajustes (Figura 2-10), electrónico (Figura 2-11), mecánico (Figura 2-12), planificación (Figura 2-13) y programación (Figura 2-14). (La programación de cada botón se encuentra en el Anexo 4).



Figura 2-9 Listado de fallas máquina 59

TIPOS DE FALLAS DE AJUSTES



Figura 2-10 Tipos de fallas de ajustes



Figura 2-11 Tipo de fallas electrónicas



Figura 2-12 Tipos de fallas mecánicas



Figura 2-13 Tipos de fallas de planificación



Figura 2-14 Tipos de fallas de programación

2.5.2.3 Estadísticas de la máquina

Al presionar sobre la superficie del botón rectangular de una las máquinas (Figura 2-15) se puede ingresar a la pantalla de su respectiva máquina en la cual muestra el número de tipo de fallas que se han reportado, además de las variables del turno en tiempo real de la máquina como el tiempo de encendido, tiempo de parada, número de paradas, número de medias sin reportar y medias buenas del turno (Figura 2-16). Para regresar al menú principal se presiona sobre el botón EXIT, además indica las diferentes variables que había en ese momento de la máquina 60 (la programación del botón se encuentra en el Anexo 4).



Figura 2-15 Botón cuadrado de la máquina 60



Figura 2-16 Pantalla de estadísticas de la Máquina 60

2.5.2.4 Finalizar turno

Para finalizar turno hay que dar clic sobre el botón azul “FINALIZAR TURNO” de la pantalla principal (Figura 2-17).



Figura 2-17 Pantalla Principal iniciado sesión el supervisor

El supervisor es el encargado de reportar el número de medias buenas de cada máquina que hubo en su turno, al presionar sobre el botón REPORTAR de cada máquina (Figura 2-18) se desprende la pantalla “CLASIFICACIÓN DE MEDIAS” (Figura 2-19).



Figura 2-18 Fin de turno

Para clasificar las medias buenas es necesario insertar el número de medias buenas clasificadas en docena de pares y medias sueltas (Figura 2-19).



Figura 2-19 Clasificación de medias máquina 60.

2.6 Características de equipos y componentes del automatismo.

2.6.1 PLC Siemens S7 1200

En el sistema de adquisición de datos el PLC juega un rol muy importante, ya que es el encargado de procesar las señales provenientes de las máquinas. Las especificaciones necesarias del PLC para el proyecto se encuentran en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Especificaciones del PLC S7-1200.

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	CPU 1212C DC/ DC/ DC
Dimensiones físicas (mm)	90x100x75
Consumo de corriente, entradas digitales	4mA
Disipación de potencia	11W
Número de entradas	8 digitales, 2 analógicas
Tensión Nominal de las entradas digitales	24 VDC a 4 mA
Memoria de Usuario	25KB
Protocolos de comunicación	Profinet, Profibus, Modbus RTU y Modbus TCP/IP

2.6.2 Relés Industriales Electromecánicos

El propósito de usar relés en la instalación industrial es para preservar el PLC por posibles desfases de la corriente eléctrica y obtener señales netamente discretas. Los relés tienen un sistema magnético que abre y cierra los contactos de los circuitos conectados desde las máquinas al PLC.

Los relés industriales se encuentran bajo la normativa EN 50178 y están ubicados en el tablero de control junto a los componentes de control del sistema. Se implementan el relé Omron MY4 de 24VDC para la señal de paro de emergencia y el relé Camsco MK2P-I de 24VAC para la señal de encendido/apagado de la máquina. [31]

2.6.3 Sensor reflectivo E3F-R2NA

En la máquina no se logró encontrar un sensor que cuente los productos, así que se implementa uno exteriormente. Se escoge el sensor reflectivo E3F-R2NA que tiene el principio de un interruptor fotoeléctrico réflex, es decir emite un haz de luz que refleja en un espejo y rebota volviendo al sensor, aquí envía una señal High y cuando el haz es interrumpido por un objeto el sensor envía una señal Low. (Figura 2-20) El sensor cumple con las características técnicas (Tabla 2-3). [32]

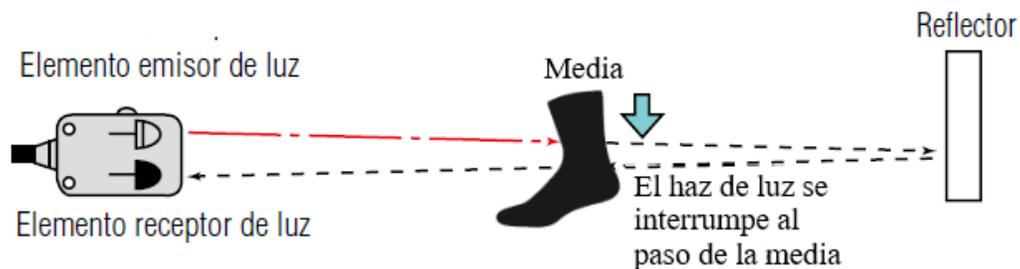


Figura 2-20 Funcionamiento del sensor fotoeléctrico reflectivo.

Para que el sensor éste estático y se pueda ajustar sin modificar la máquina, se construye soportes que se sujetan alrededor del tubo de salida de la máquina por donde pasa la media terminada. Estas piezas son diseñadas en el software Solidworks y son impresas en 3d en plástico PLA. (Planos de las piezas están en el Anexo 1)

Tabla 2-3 Especificaciones del sensor reflectivo E3F-R2NA

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	E3F-R2NA
Marca	Uxcell
Tipo	Sensor reflectivo
Apariencia	Cilíndrico con rosca M18
Rango de detección	2 m
Voltaje de funcionamiento	10 – 30 VDC
Salida	Normalmente abierta
Corriente de salida	200mA

2.6.4 Cableado

En un proyecto de automatización es trascendental conectar adecuadamente todos los componentes, para esto hay que tomar en cuenta diferentes factores para que los cables transporten las diferentes señales de manera segura y confiable bajo las normas de calidad.

Para el proyecto se usan 2 tipos de cables:

- **Cable FTP par trenzado con pantalla global cat6:** Este cable es empleado para alimentar al sensor reflector y obtener su señal, cómo también conducir las señales de positivo y negativo provenientes del foco de paro de emergencia, éstas señales son digitales. El cable cumple con las normativas IEC 61156-5 correspondiente al diseño, EN 60332-1-2 no propagador de llama, EN 60754-1/2 Libre de halógenos, IEC 61034-2 baja emisión de humos. Además de cumplir con las características técnicas (Tabla 2-3). [33]

Es necesario usar un cable FTP por máquina, ya que posee 8 conductores de los cuales se usan 5, basándose en la norma UNE-EN 60204-1 da excepción a cables multiconductores de regirse en los colores normalizados. [34] se distribuyen los colores del cable así:

- Cable color naranja: señal positiva del foco de paro de emergencia.
 - Cable color blanco: señal negativa del foco de paro de emergencia.
 - Cable color azul: alimentación negativa del sensor.
 - Cable color marrón: alimentación positiva del sensor.
 - Cable color rojo: Señal de salida del sensor.
- **Cable concéntrico 2x18AWG:** conduce las señales proveniente del transformador de 24VAC de la máquina, se usa un cable concéntrico 2x18 por máquina y se escoge un

cable diferente al FTP para prevenir posibles interferencias con las señales digitales y el amperaje es más alto del que soporta el FTP. El cable concéntrico cumple los requerimientos del proyecto (Tabla 2-3). Según la norma UNE-EN 60204-1 se distribuyen los colores del cable así:

- Cable color blanco: neutro del transformador de la máquina.
- Cable color negro: fase del transformador de la máquina.

Tabla 2-4 Especificaciones de los cables [33]

DATOS TÉCNICOS		
Características	Tipo de cable	
	Cable FTP Cat6	Cable concéntrico 2x18AWG
Conductor	23AWG	18AWG
Aislamiento	Polietileno	PVC
Formación	Pares trenzados apantallados	En S
Diámetro exterior	6,9mm	5,78mm
Flexible	Si	Si
Capacidad de corriente	10A	0,72A

la Tabla 2-3 indica que se puede emplear perfectamente los dos tipos de cables ya que cumplen con las restricciones del proyecto como es la flexibilidad del cable y la capacidad de corriente de 5A en el caso de las señales proveniente del transformador.

2.7 Implementación del equipo de automatismo y cableado

Para la implementación se toma en cuenta la ubicación de las máquinas en las cuales se realiza la prueba piloto, considerando la restricción de usar el mínimo cableado y que no interfiera en el correcto funcionamiento de la planta; para lo cual se ubica de forma estratégica el tablero de control, cerca de las máquinas de estudio.

2.7.1 Montaje del tablero de control

Una correcta implantación de los componentes en el tablero de control facilita las tareas de manipulación de los equipos por parte del operario, facilitando las labores de un posible

mantenimiento en un futuro. El primer paso es identificar los componentes que van en el tablero y su respectiva codificación (Tabla 2-5).

Tabla 2-5 Componentes del tablero de control y su respectiva codificación

DATOS TÉCNICOS	
Componente	Codificación
Relé 24VAC, señal del transformador maquina 58	K1T
Relé 24VAC, señal del transformador maquina 59	K2T
Relé 24VAC, señal del transformador maquina 60	K3T
Relé 24VDC, señal del foco maquina 58	K1P
Relé 24VDC, señal del foco maquina 59	K2P
Relé 24VDC, señal del foco maquina 60	K3P
PLC S7-1200	PLC1
Fuente	G1
Bornera alimentación positivo PLC	+X1plc
Bornera alimentación negativo PLC	-X1plc
Bornera entrada negativo PLC	-X2plc
Bornera alimentación positivo sensor máquina 58	+X1S
Bornera alimentación positivo sensor máquina 59	+X2S
Bornera alimentación positivo sensor máquina 60	+X3S
Bornera alimentación negativo sensor máquina 58	-X1S
Bornera alimentación negativo sensor máquina 59	-X2S
Bornera alimentación negativo sensor máquina 60	-X3S
Bornera señal transformador máquina 58	+X1ac
Bornera señal transformador máquina 59	+X2ac
Bornera señal paro máquina 58	+X1dc
Bornera señal paro máquina 59	+X2dc
Bornera señal paro máquina 60	+X3dc

Una vez identificados los componentes y equipos se procede a hacer los planos eléctricos de control (Anexo 2), como todos los dispositivos van en el interior del gabinete se instalan en el

doble fondo del tablero ubicados sobre riel DIN. La distribución de estos se basa en los planos mencionados, tratando de situar los dispositivos de manera ordenada (Figura 2-21).



Figura 2-21 Ubicación de los componentes del automatismo en el doble fondo

Luego se procede a hacer las conexiones descritas en el plano eléctrico (Anexo 2), los cables se conectan directamente usando terminales de punta, para evitar enredos se ubican dentro de canaletas (Figura 2-22).



Figura 2-22 Componentes del automatismo ubicados en el interior del tablero de control

2.7.2 Montaje del cableado

Los cables FTP y concéntrico son los encargados de conectar los receptores de señal provenientes de las máquinas con los componentes del automatismo, La norma UNE_EN 60204-1 indica que el cableado externo hasta el tablero debe usar bornas de conexión para una posible extensión de un cable como es el caso de los conductores de los sensores reflectivos (Figura 2-5); según esta norma los cables van recubiertos por canaletas o tubos desde la envolvente hasta la máquina, en este caso se implementa por máquina una manguera BX anillada metálica sin PVC para llevar en su interior el par de cables que van desde tablero de control hasta cada máquina; este tipo manguera combina la resistencia y flexibilidad para la instalación en canalizaciones empotradas que se encuentran en la planta (Figura 2-23). [34]

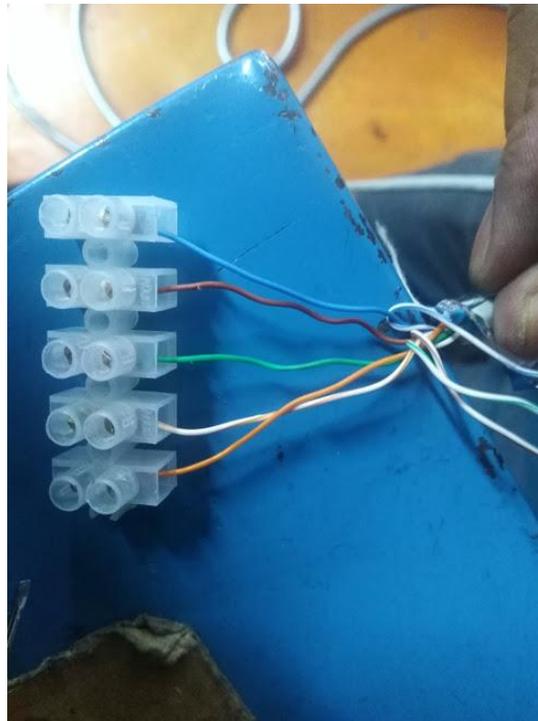


Figura 2-23 Conexión cables del sensor

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y GENERACIÓN DE GRÁFICOS

En este capítulo se cierra el proyecto, analizando el uso del HMI, la generación de gráficos y reportes de producción.

3.1 Validación del HMI del sistema supervisor

Se realiza la implementación del proyecto piloto en las 3 máquinas cumpliendo los parámetros establecidos por la empresa, para lo cual se capacita y monitorea al personal del área de producción de la empresa, dentro de lo cual ratifica el buen funcionamiento del proyecto presentando a:

- Jefe de producción
- Jefe de mantenimiento
- Supervisores
- Operadores

A los operadores y supervisores de los diferentes turnos se asesora continuamente y se les brinda un manual de usuario (Anexo 3) para el correcto uso del HMI.

3.2 Clasificación de los datos obtenido

En Intouch se usan las diferentes variables necesarias para el buen desarrollo del HMI (Anexo 5) para que pueda ser interactivo con el usuario y tenga un óptimo funcionamiento, se toman en cuenta parte de las etiquetas para almacenar sus valores en bases de datos, se generan 2 tipos de bases de datos en Microsoft Access por medio de la función SQLInsert propia de Intouch.

3.2.1 Base de datos “Producción”

En esta base de datos se registran la información de las variables cada vez que la máquina fallaba, se apagaba, se encendía y finalizaba el turno, las etiquetas de Intouch que se registran en esta base de datos son:

- Fecha

- Número de Máquina
- Supervisor
- Tejedor
- Jornada Laboral (día/noche)
- Número de turno
- Hora de paro de máquina
- Hora de solución de paro de máquina
- Hora de encendido de máquina
- Hora de apagado de máquina
- Número de medias sin reportar
- Número de medias buenas

3.2.2 Base de datos “Paros reportados”

En esta base de datos se registra cada vez que los operadores reportan un paro que sobrepasaba los 5 minutos, las variables que se toman en cuenta son:

- Fecha
- Número de maquina
- Supervisor
- Tejedor
- Jornada Laboral (día/noche)
- Número de turno
- Hora de paro de máquina
- Hora de solución de paro de máquina
- Tipo de falla

- Tipo de falla detallado.

3.3 Procesamiento de datos

El programa Microsoft Excel es una herramienta muy interesante para agrupar y analizar datos, fácilmente importa bases de datos desde Microsoft Access. En el proceso de importar datos a Excel aparece Microsoft Query (Figura 3-1), en este programa se modifica la base de datos agregando variables necesarias para procesar los datos en Excel.

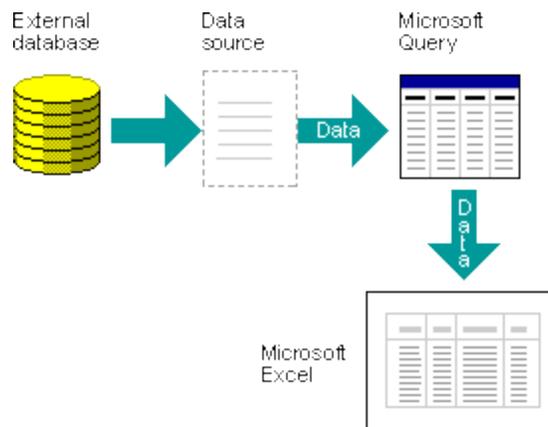


Figura 3-1 Diagrama importar base de datos a Excel [35]

En la base de datos “Producción” se agrega:

- **Tiempo de encendido:** resta la hora de apagado de máquina de la hora de apagado.
- **Tiempo de paro:** resta la hora de paro de máquina de la hora de solución de paro de máquina

En la base de datos “Paros reportados” se agrega:

- **Tiempo de paro:** resta la hora de paro de máquina de la hora de solución de paro de máquina

3.4 Generación de gráficos y reportes de producción

Para el proyecto se usan tablas y gráficos dinámicos, ya que son herramientas muy precisas a la hora de trabajar con bases de datos, además tiene una herramienta llamada segmentación de datos, que permite modificar las gráficas.

3.4.1 Gráficos de producción

El periodo de prueba del sistema supervisor es de una semana, se adquiere permanentemente datos de las máquinas 58, 59 y 60, de las cuales se generan los diferentes gráficos de producción:

- El gráfico de tiempo encendido respecto al tiempo que estuvo parada cada máquina (Figura 3-2), con una eficiencia Encendido/Paro de 90% en la máquina 58; 79% en la máquina 59 y 83% en la máquina 60.

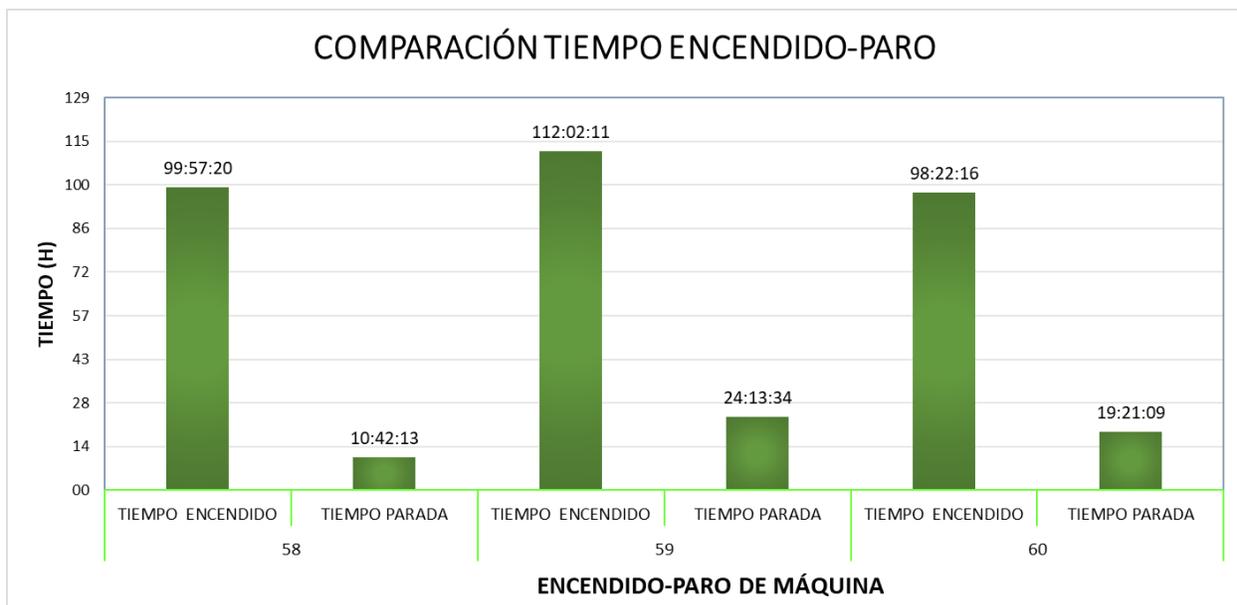


Figura 3-2 Gráfico comparación de tiempo encendido-paro

- En el gráfico de producción de medias (Figura 3-3) muestra una eficiencia de medias buenas/medias producidas en la máquina 58 de 83%, en la máquina 59 de 84% y en la máquina 60 de 86%.

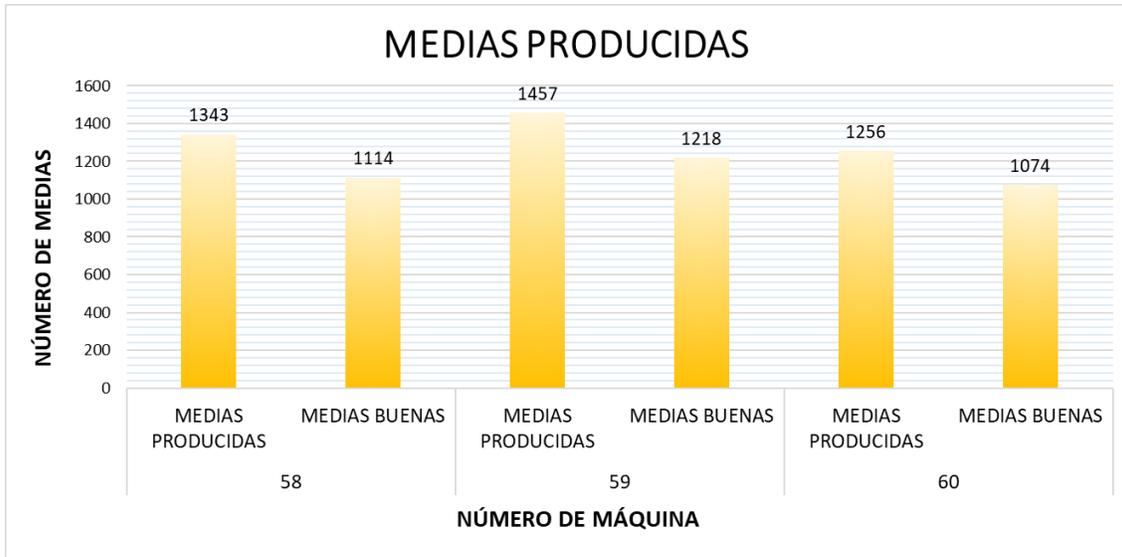


Figura 3-3 Gráfico medias producidas

- Al agrupar en diferentes tipos de falla reportados, se logra sacar el tiempo de cada uno de ellos (Gráfica3-4), teniendo en cuenta que el mayor fallo es el mecánico en la máquina 59.

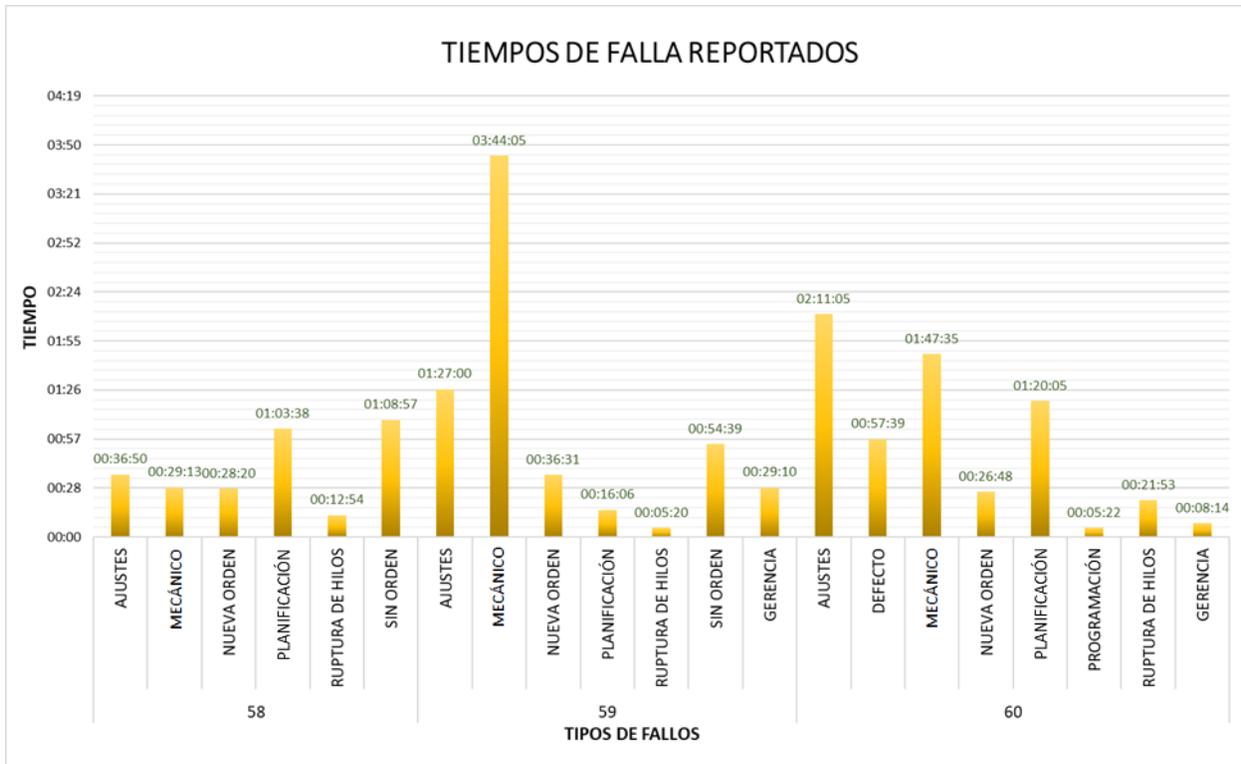


Figura 3-4 Gráfico tiempos de falla reportados

- Se subdivide los tipos de falla, generando una sectorización para revisar el tipo de falla más común, como se puede observar en los siguientes gráficos:

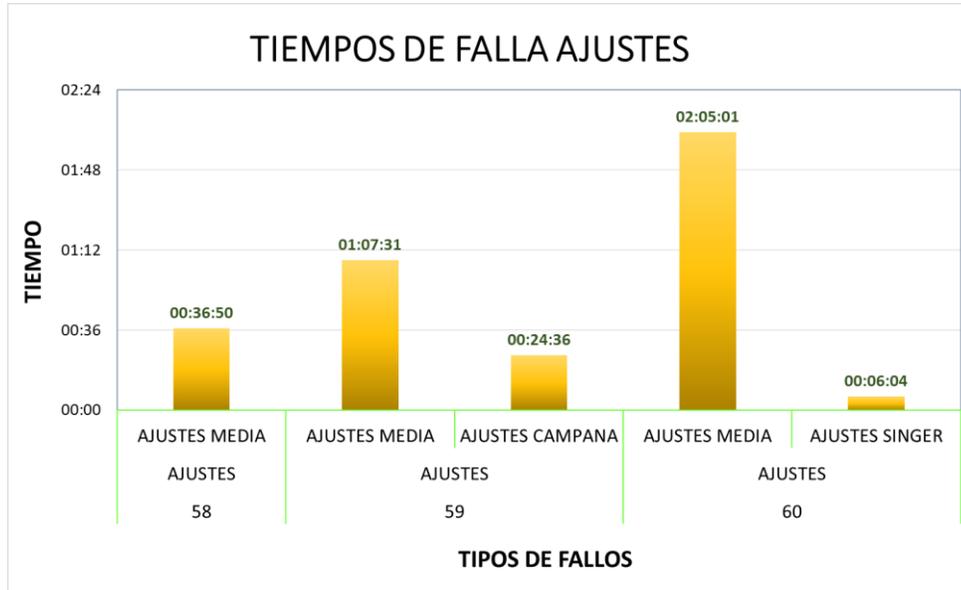


Figura 3-5 Gráfico de tiempos de falla ajustes

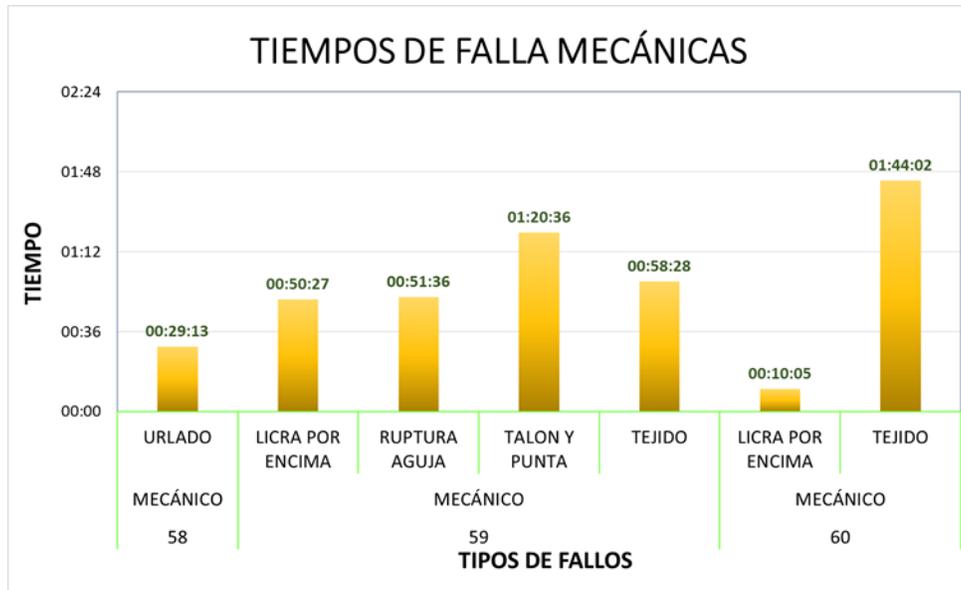


Figura 3-6 Gráfico de tiempos de falla mecánico

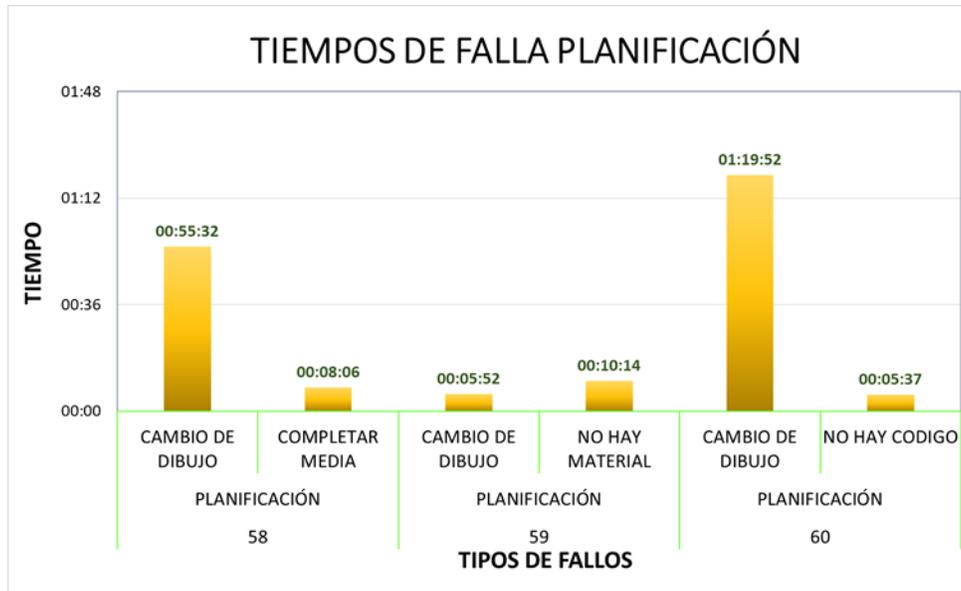


Figura 3-7 Gráfico de tiempos de falla planificación



Figura 3-8 Gráfico de tiempos de falla programación

- La gráfica de fallas reportadas respecto a las fallas sin reportar (Figura 3-9), permite observar el tiempo tan alto que hay sin reportar, ya que son fallos que no sobrepasan los 5 minutos.

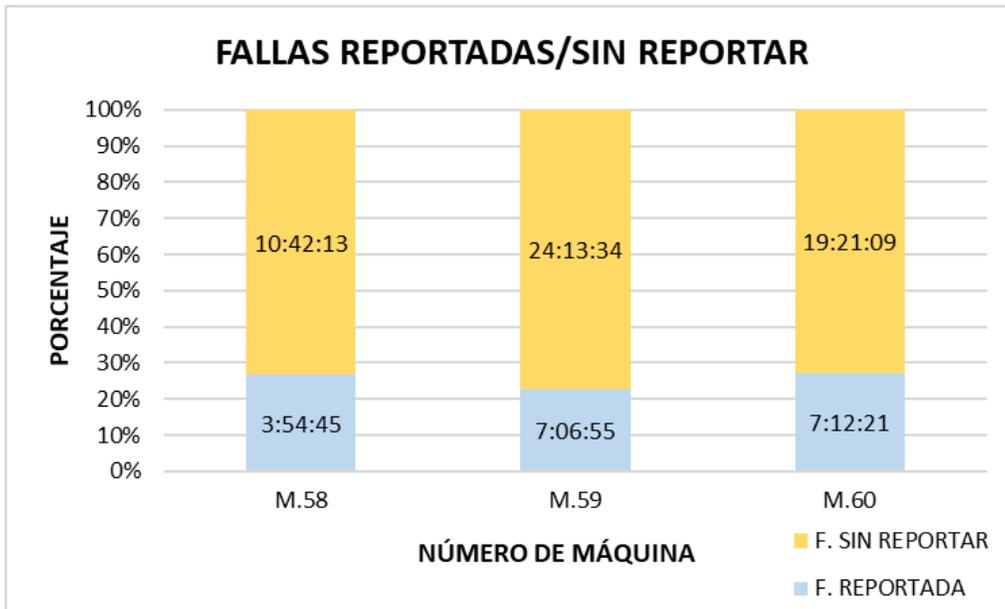


Figura 3-9 Gráfico de comparación de fallas reportadas y sin reportar

3.4.2 Generación de reportes

Para generar los reportes se usa gráficos y tablas dinámicas, con la opción de poder la escoger la fecha, el número de máquina, supervisor, tejedor, jornada laboral, mediante segmentación de datos que es una herramienta propia de Excel (Figura 3-10).

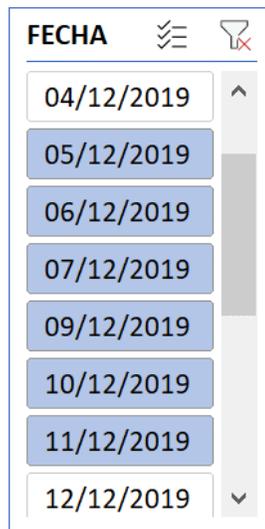


Figura 3-10 Segmentación de datos

En la Figura 3-11 se puede observar la hoja elaborada en Excel, el gráfico indica la producción de medias del día 06/12/2019 con el supervisor Jefferson Romero, el tejedor Pablo Ruíz en jornada laboral nocturna. La tabla “TOTALES” indica en cifras el total de producción.

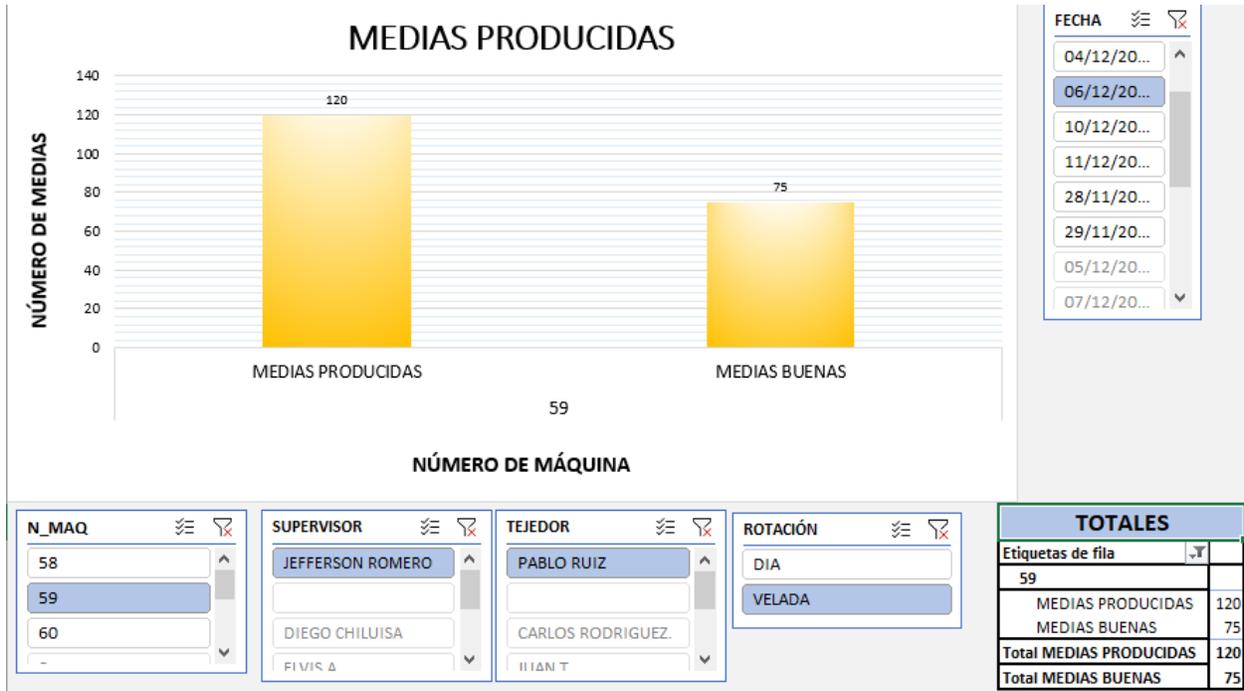


Figura 3-11 Reporte de producción de medias

En la Figura 3-12 se puede observar el reporte de tiempos de falla, indicando el tiempo de fallo por planificación con la subdivisión de cambio de dibujo y ruptura de hilos de la máquina del día 6 de diciembre de 2019, en la tabla “TOTALES” muestra el tiempo total y el número de paros.

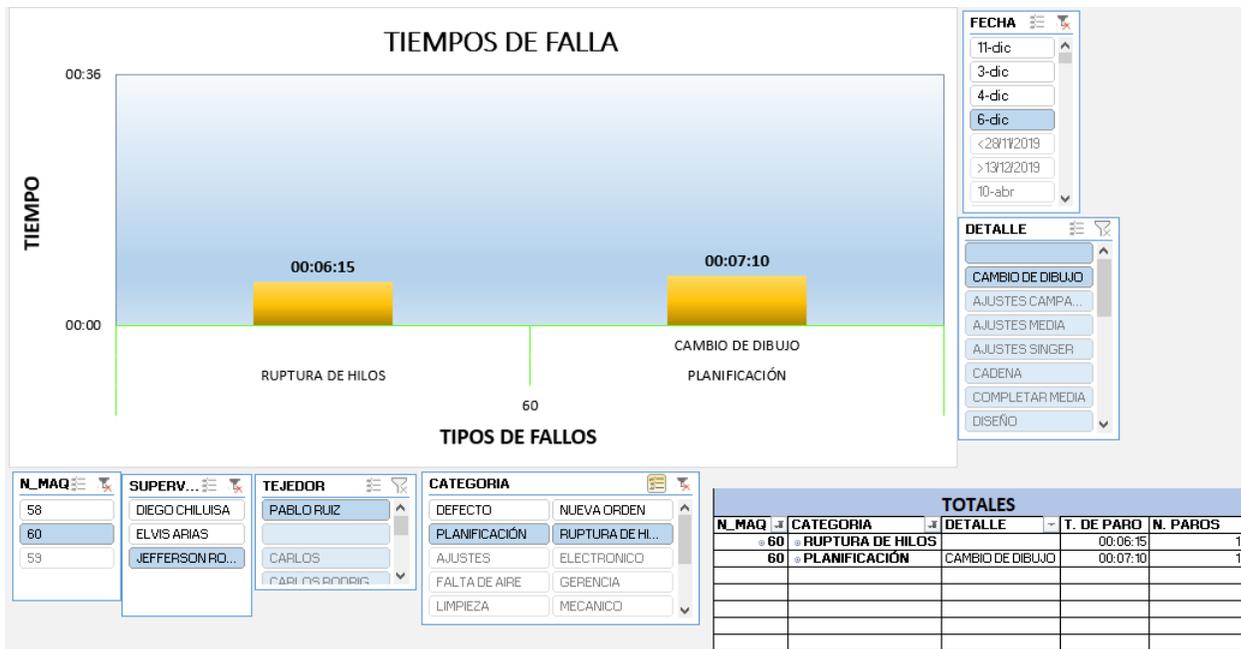


Figura 3-12 Reporte de tiempos de falla

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El sistema de supervisión diseñado tuvo en cuenta los parámetros de diseño y los requerimientos acordados, después del estudio generando graficas de producción como resultado del proyecto.
- El sistema SCADA diseñado es netamente de adquisición de datos; el software Intouch se seleccionó por su flexibilidad y factibilidad de programación, así como el PLC S7-1200 y demás componentes del automatismo permitieron supervisar las variables en las máquinas de estudio.
- Para el diseño del sistema se tomó en cuenta la interacción y psicología del usuario para manejar el HMI, ya que los operadores no están acostumbrados a trabajar con este tipo de software. También se consideró el registro de las variables en tiempo real en las bases de datos por medio de SQLInsert de Intouch.
- Se implementaron de manera correcta los componentes de automatismo bajo las normas NTP-1098 y UNE EN 60204-1, sin interferir en el buen funcionamiento de la empresa. El protocolo de comunicación y la interconexión de los softwares funcionaron correctamente, generando un buen desempeño del sistema de automatización.
- Los gráficos desarrollados en Microsoft Excel presentan los indicadores: medias producidas, tiempos de parada y funcionamiento de la máquina, tiempos de los tipos de falla reportados, los cuales se pueden obtener automáticamente en tiempo real mediante el uso de gráficos dinámicos y segmentación de datos.

Recomendaciones

- Para implementar el proyecto en todas las máquinas de la empresa de estudio se recomienda realizar un buen diseño del protocolo de comunicación.
- Si por algún caso se usa otro tipo de PLC para realizar el proyecto se debe tener en cuenta el protocolo de comunicación para la configuración de DA Server que es el OPC de Intouch.

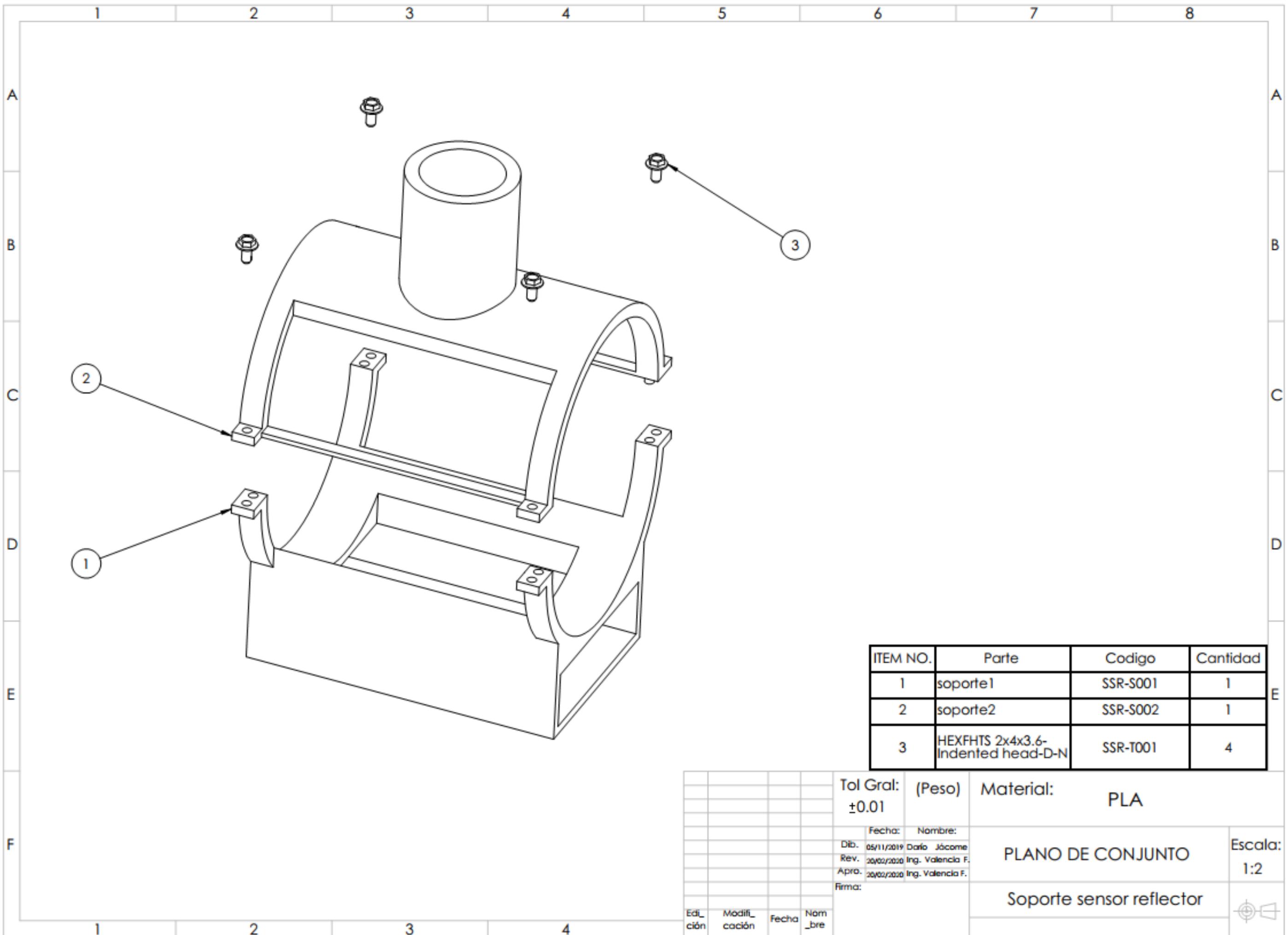
REFERENCIAS

- [1] L. A. Bearzotti, «INDUSTRIA 4.0 Y LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO: EL DESAFÍO DE LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL,» *GACETA SANSANA*, vol. 3, nº 8, 2017.
- [2] H. Pfohl, B. Yahsi y T. Kurnaz, «Concept and Diffusion-Factors of Industry 4.0 in the Supply Chain,» de *5th International Conference LDIC*, Bremen, Germany, 2016.
- [3] G. B. Carlozama Flores , «SCADA PARA INVERNADERO SOBRE SOFTWARE LIBRE,» Ibarra, 2018.
- [4] G. R. Herrera Panchi y D. Checa Llamba, «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.,» Latacunga, 2014.
- [5] C. F. Guamán Sánchez y E. G. Bravo Padilla, «Adquisición de datos de las variables de los procesos de la planta de fuerza del molino papelerero CARTOPEL,» Cuenca, 2011.
- [6] M. E. Olivo Silva y J. L. Cortés Llanganate, «"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO DE MÁQUINAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TRASLÚCIDO PARA "TECHOLUZ" DE TUBASEC C.A.",» Riobamba, 2013.
- [7] O. E. Ávila Bernal, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SCADA DE UNA PLANTA TRILLADORA DE CAFÉ PERGAMINO, CASO DE ESTUDIO COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA,» Bogotá, 2017.
- [8] A. Rodríguez Penin, *Sistemas SCADA*, México: Alfaomega Grupo Editor S.A., 2013.
- [9] C. Chicala, *Adquisición de datos: medir para conocer y controlar. Handbook de adquisición de datos*, 1 ed., México, D.F.: Cengage learning Editores, 2015.
- [10] A. Bagri, R. Netto y D. Jhaveri, «Supervisory Control and Data Acquisition,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 102, nº 10, pp. 1-2, 2014.
- [11] A. Carlos y L. Jesús, «Desarrollo de Scada en una Plataforma de Software Libre,» *CITEG Revista Arbitrada*, vol. 1, nº 2, pp. 84-97, 2007.
- [12] L. Corrales, «Interfaces de comunicación industrial,» Quito, 2007.
- [13] International Electrotechnical Commission, *INTERNATIONAL STANDARD IEC 61131-1*, 2 ed., AENOR, 2003.
- [14] F. Antúnez, UF2235: *Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial*, Andalucía-España: IC Editorial, 2016.
- [15] EEYMUC, «Estructura Interna de un PLC,» *ivoox.com*, 28 Agosto 2016. [En línea]. Available: https://www.ivoox.com/7-estructura-interna-plc-aeeymuc-audios-mp3_rf_12693380_1.html. [Último acceso: 16 Enero 2020].
- [16] S. Soria Tello, *SISTEMAS AUTOMÁTICOS INDUSTRIALES DE EVENTOS DISCRETOS*, México D.F.: Alfaomega, 2013.
- [17] A. Revelo, *DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO (TTA) CON MONITOREO SCADA A UNA RED AISLADA DE ENTRENAMIENTO EN CIELE*, Ibarra-Ecuador: UTN, 2019.

- [18] Wonderware by AVEVA, «Interfaz Hombre Máquina (HMI),» Wonderware by AVEVA, [En línea]. Available: <https://www.wonderware.com/es-es/hmi-scada/what-is-hmi/>. [Último acceso: 10 noviembre 2019].
- [19] P. Rodríguez, «Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI),» Instituto de Electricidad y Electrónica – Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile, 2006.
- [20] J. E. Rodríguez de Avila, «BUENAS PRÁCTICAS PARA DISEÑO DE HMI DE ALTO RENDIMIENTO,» UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA , Cartagena, Colombia, 2012.
- [21] J. M. Molina Martínez y M. Jiménez Buendía, Programación Gráfica Para Ingenieros, México, D.F.: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A., 2012.
- [22] E. Pérez López, «Los sistemas SCADA en la automatización industrial,» *TECNOLOGÍA en marcha*, vol. 28, n° 4, p. 3, 2015.
- [23] J. Gómez Sarduy, Temas especiales de instrumentación y control, Cuba: Félix Varela, 2008.
- [24] F. L. Osorio Rivera, Base de datos relaciones Teoría y Práctica, Medellín, Colombia: Fondo Editorial ITM, 2018.
- [25] A. Silberschatz, H. Korth y Sudarshan, Fundamentos de bases de datos, quinta edición, Madrid: McGraw-Hill, 2006.
- [26] NUMERIX, «Movicon.Next: Базы Данных,» NUMERIX LLC, 07 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.numerix.ru/knowledge-base/movicon-next-%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D1%8B-%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85/>. [Último acceso: 11 enero 2020].
- [27] D. Bailey y E. Wright, Practical SCADA for Industry, Burlington: Elsevier, 2003.
- [28] R. Aguilar , «Desarrollo de SCADAs. Introducción a WinCC Open Architecture,» Sothis, 4 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.sothis.tech/desarrollo-de-scadas-introduccion-a-wincc-open-architecture/>. [Último acceso: 20 Enero 20].
- [29] Progea Industrial Automation Software, «Movicon 11,» Progea Industrial Automation Software, [En línea]. Available: <https://www.progea.com/en/movicon-11/>. [Último acceso: 20 enero 2020].
- [30] Wonderware , «Wonderware InTouch,» Wonderware Iberia, [En línea]. Available: <https://www.wonderware.es/hmi-scada/intouch/>. [Último acceso: 20 Enero 2020].
- [31] F. J. Entrena González, UF2234: Instalación de equipos y elementos de sistemas de automatización industrial, Málaga: IC Editorial, 2016.
- [32] E. Nieto, «Sensores fotoeléctricos industriales (fotocélulas),» Fidestec, [En línea]. Available: <https://fidestec.com/blog/sensores-fotoelectricos-industriales-fotocelulas/>. [Último acceso: 4 Febrero 2020].
- [33] Cervi, «Sistema de cableado FTP Cat.6A,» Cervi, [En línea]. Available: <https://www.cervi.es/ES/3-productos/36--sistemas-de-cableado-y-racks/272-sistema-de-cableado-ftp-cat6a.html>. [Último acceso: 8 febrero 2020].
- [34] Asociación Española de Normalización, *UNE-EN 60204-1: Seguridad en las máquinas. Equipo eléctrico en las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.*, Madrid: Normalización Española, 2019.
- [35] Microsoft, «Utilizar Microsoft Query para recuperar datos externos,» [En línea]. Available: <https://support.office.com/es-es/article/utilizar-microsoft-query-para-recuperar-datos-externos-42a2ea18-44d9-40b3-9c38-4c62f252da2e>. [Último acceso: 17 2 2020].

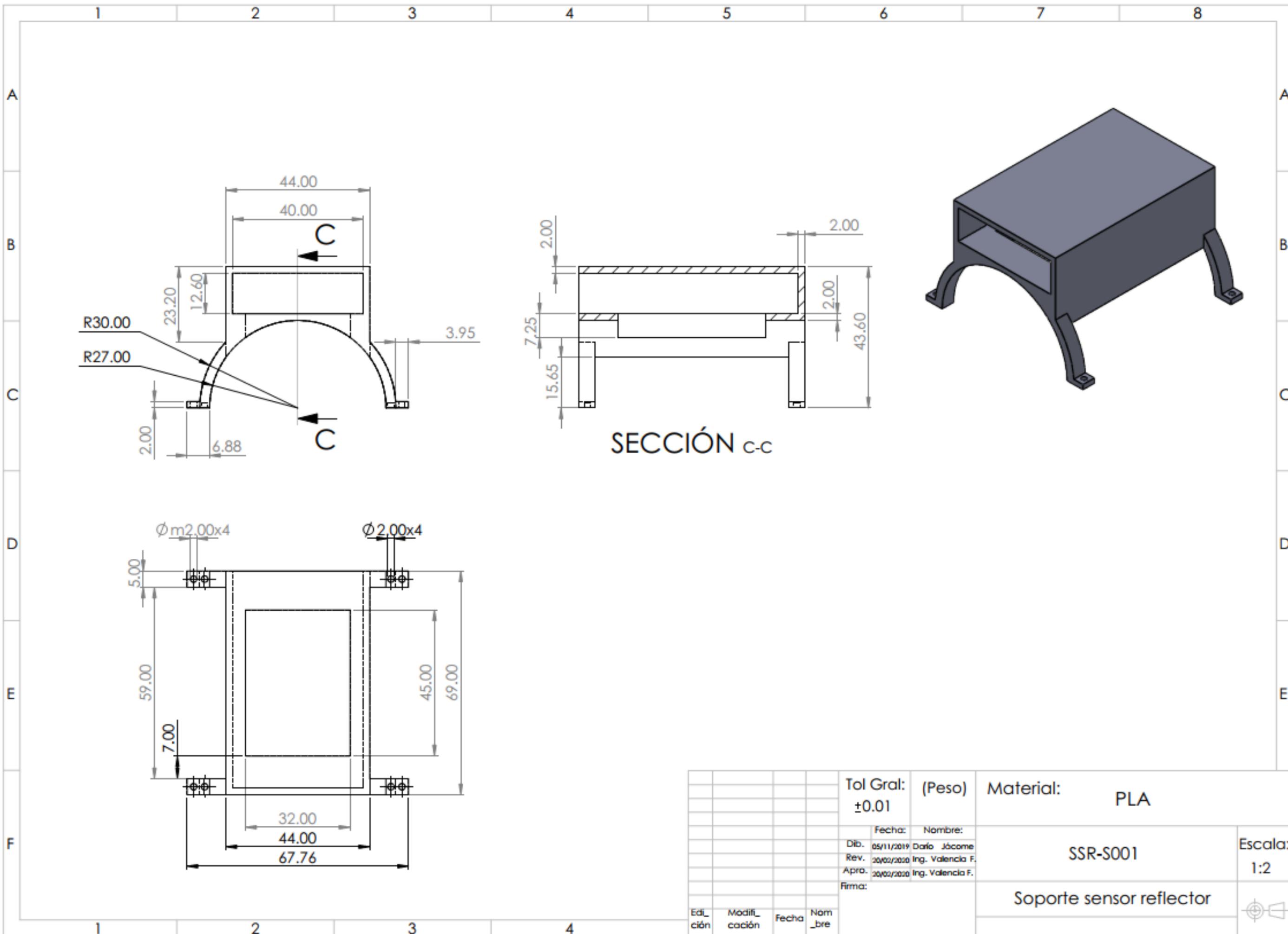
ANEXOS

ANEXO 1. Planos mecánicos de los soportes del sensor reflectivo



ITEM NO.	Parte	Codigo	Cantidad
1	soporte1	SSR-S001	1
2	soporte2	SSR-S002	1
3	HEXFHTS 2x4x3.6- Indented head-D-N	SSR-T001	4

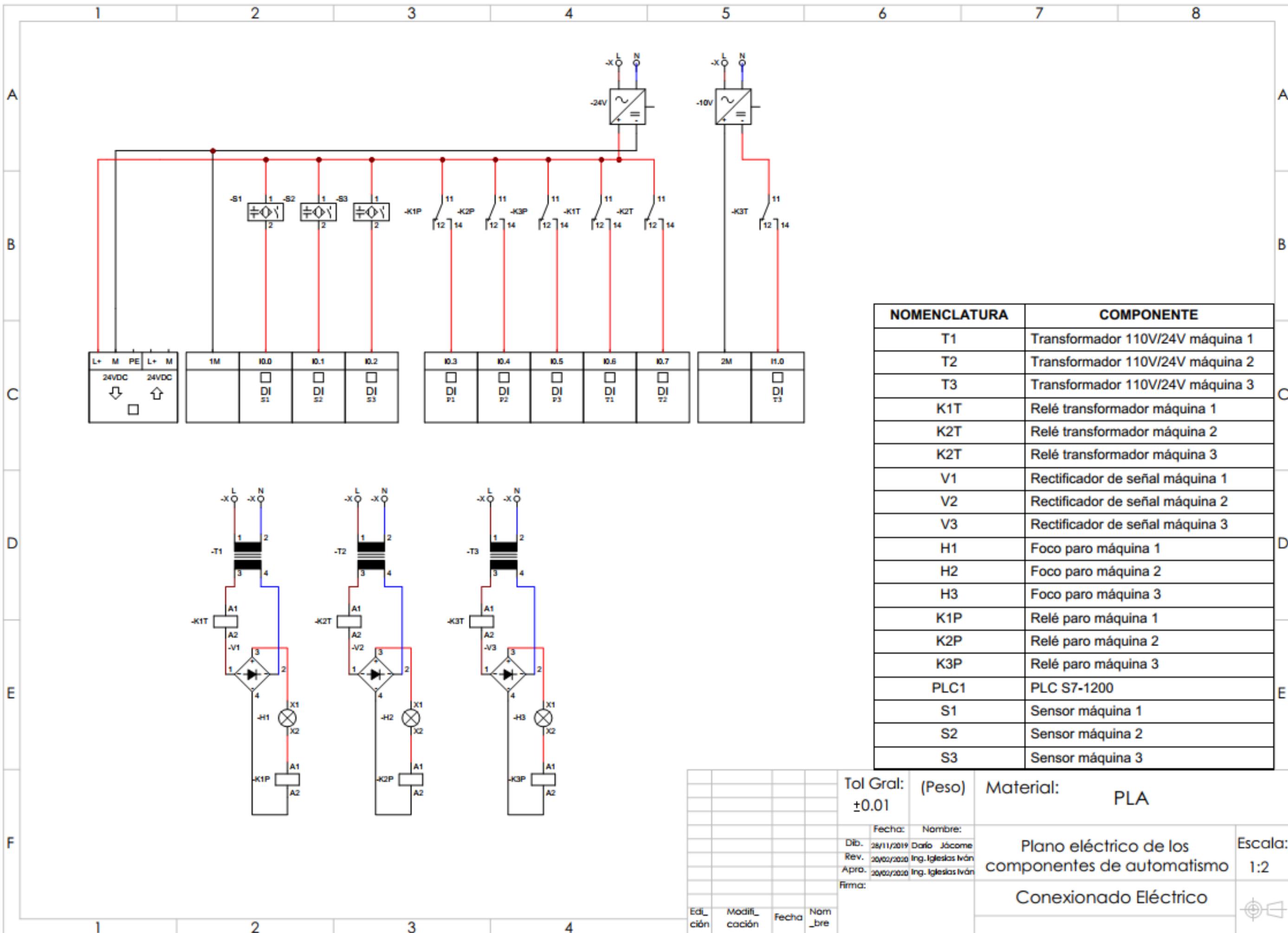
				Tol Gral:	(Peso)	Material:	PLA	
				±0.01				
				Fecha:	Nombre:			
				Dib. 05/11/2019	Dario Jácome			
				Rev. 20/02/2020	Ing. Valencia F.			
				Apra. 20/02/2020	Ing. Valencia F.			
				Firma:				
Edi_	Modif_	Fecha	Nom_					Escala: 1:2
ción	cación		bre					
						PLANO DE CONJUNTO		Soporte sensor reflector



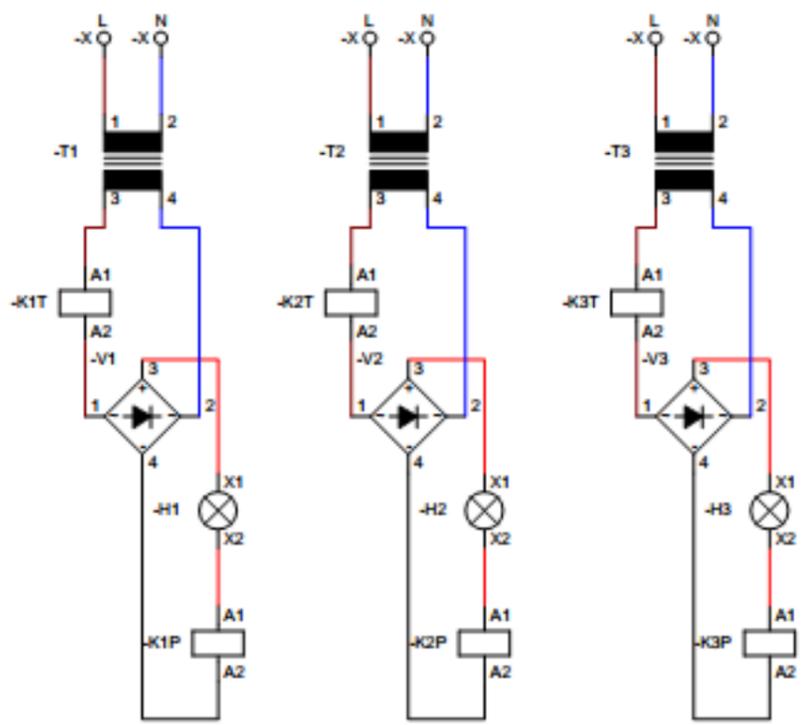
SECCIÓN c-c

				Tol Gral:	(Peso)	Material:	PLA
				± 0.01			
				Fecha:	Nombre:		
				Dib. 05/11/2019	Daño Jácome		
				Rev. 20/02/2020	Ing. Valencia F.		
				Apro. 20/02/2020	Ing. Valencia F.		
				Firma:			
						SSR-S001	Escala: 1:2
						Soporte sensor reflector	
Edi_	Modifi_	Fecha	Nom_				
ción	cación		bre				

ANEXO 2. Plano eléctrico de los componentes de automatismo



NOMENCLATURA	COMPONENTE
T1	Transformador 110V/24V máquina 1
T2	Transformador 110V/24V máquina 2
T3	Transformador 110V/24V máquina 3
K1T	Relé transformador máquina 1
K2T	Relé transformador máquina 2
K2T	Relé transformador máquina 3
V1	Rectificador de señal máquina 1
V2	Rectificador de señal máquina 2
V3	Rectificador de señal máquina 3
H1	Foco paro máquina 1
H2	Foco paro máquina 2
H3	Foco paro máquina 3
K1P	Relé paro máquina 1
K2P	Relé paro máquina 2
K3P	Relé paro máquina 3
PLC1	PLC S7-1200
S1	Sensor máquina 1
S2	Sensor máquina 2
S3	Sensor máquina 3



Tol Gral:	(Peso)	Material:	PLA
±0.01			
Fecha:	Nombre:	Plano eléctrico de los componentes de automatismo	
Dib. 28/11/2019	Daño Jácome		
Rev. 20/02/2020	Ing. Iglesias Iván		
Apro. 20/02/2020	Ing. Iglesias Iván		
Firma:		Escala: 1:2	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre
Conexión Eléctrico			

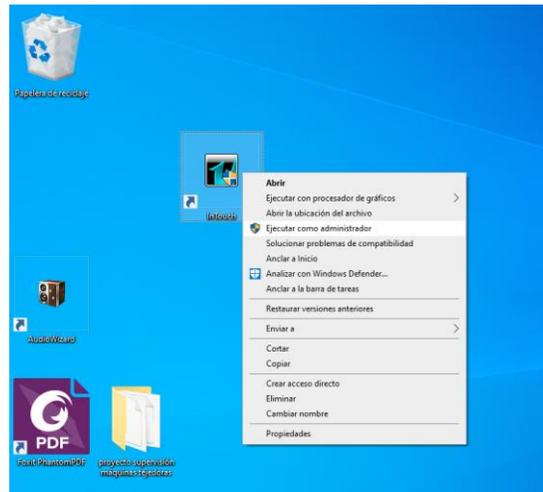
ANEXO 3. Manual de Uso del HMI del Sistema de supervisión de producción y eficiencia de máquinas tejedoras de una planta textil

Este es un documento guía para el correcto uso del HMI, que servirá para detallar la producción de las máquinas de estudio de la tesis “Sistema de supervisión de producción y eficiencia de máquinas tejedoras de una planta textil”.

Para manejar el HMI se deben seguir los pasos que se detallan a continuación:

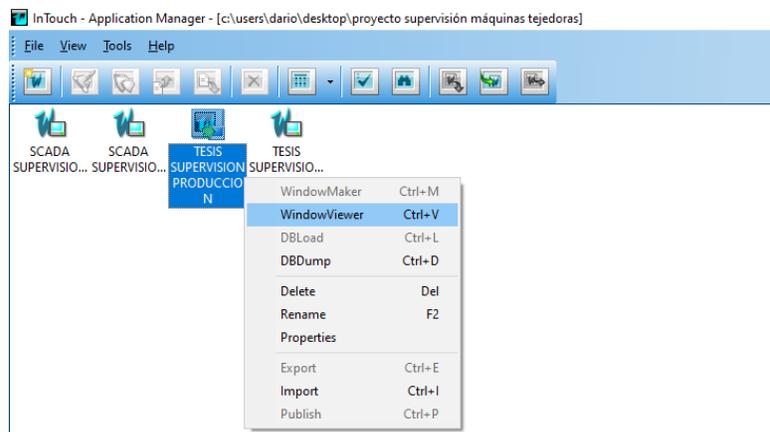
1. Abrir Programa Intouch

Ejecutar como administrador el programa Intouch.



2. Abrir aplicación “TESIS SUPERVISION PRODUCCION”

Se da clic derecho sobre el ícono “TESIS SUPERVISION PRODUCCION” y posteriormente presionar en WindowViewer.



3. El Tejedor Inicia Usuario.

El tejedor de turno debe iniciar su sesión, presionando sobre el botón “INGRESAR USUARIO”



Se despliega el menú Log On, en el cual debe ingresar su nombre y su contraseña asignada.



4. Reportar Fallos

Cuando la falla supera los 5 minutos sin ser arreglada, en la pantalla principal salta una alarma de forma en que parpadea de color amarillo y negro sobre el cuadro de la imagen que representa

la máquina en la que se debe reportar el paro, para reportarlo simplemente se debe dar clic en el botón “REPORTAR” y se despliega un menú llamado “LISTADO DE FALLAS MÁQUINA #”



- (a) En la pantalla “LISTADO DE FALLAS MÁQUINA #” se debe dar clic sobre el botón que representa el tipo de falla que sea conveniente.



- b) Si se escoge como tipo de falla: AJUSTES, ELECTRONICO, MECÁNICO, PLANIFICACIÓN o POGRAMACIÓN de la pantalla “LISTADO DE FALLAS” abren un

submenú como se puede observar en las siguientes imágenes, una vez se despliegue la pantalla correspondiente se debe dar clic sobre la falla que ha ocurrido.

TIPOS DE FALLAS DE AJUSTES



TIPOS DE FALLAS ELECTRÓNICAS



TIPOS DE FALLAS MECÁNICAS



TIPOS DE FALLAS DE PLANIFICACIÓN



TIPOS DE FALLAS DE PROGRAMACIÓN



5. FINALIZAR TURNO

Al momento de terminar el turno, el Supervisor debe iniciar sesión tal como se indico en el apartado 3, luego debe dar clic sobre el botón “FINALIZAR TURNO” para que se despliegue el menú “FIN DE TURNO”.



- a) En la pantalla “FIN DE TURNO”, para reportar el número de medias buenas se debe dar clic sobre el botón “REPORTAR” de cada máquina, se desprenderá el menú “CLASIFICACIÓN DE MEDIAS MAQUINA #”. Una vez acabe de ingresar la

producción de las máquinas se debe dar clic en el botón “CERRAR TURNO” y volverá a la pantalla principal.

The screenshot displays a screen titled "FIN DE TURNO" with a blue background. At the top, there is a white input field with the instruction "Ingrese el número de medias buenas que realizó cada maquina." Below this, there are three yellow boxes representing different machines:

MAQUINA 58	MAQUINA 59	MAQUINA 60
MEDIAS SIN REPORTAR: 140	MEDIAS SIN REPORTAR: 95	MEDIAS SIN REPORTAR: 130
REPORTAR	REPORTAR	REPORTAR

At the bottom center, there is a red button labeled "CERRAR TURNO".

- b) En la pantalla “CLASIFICACIÓN DE MEDIAS MÁQUINA #”, para reportar el número de medias buenas se presiona sobre el botón “DOCENAS” y se ingresa el número de docenas de medias buenas y luego dar clic sobre el botón “INSERTAR”; luego se debe reportar el número de medias sueltas buenas dándole clic en el botón “MEDIAS SUELTAS” y luego en el botón “INSERTAR” que esta a su derecha. Si se ingreso mal, hay la opción de reiniciar los datos ingresados y vuelve a ingresar la producción, una vez

acabo de ingresar las medias buenas se da clic en el botón “GUARDAR Y CERRAR” y se vuelve a la pantalla “FIN DE TURNO”.

CLASIFICACIÓN DE MEDIAS MAQUINA 60

Numero de medias del turno:	130
Numero de docenas:	0
Numero de medias sueltas:	0

DOCENAS	0	INSERTAR
MEDIAS SUELTAS	0	INSERTAR

RESTABLECER	GUARDAR Y CERRAR
--------------------	-------------------------

ANEXO 4. Programación de los Botones del HMI

En las líneas de código se coloca MAQ_1 o m1, siendo 1 el que reemplaza el número de máquina, ya que para las 3 máquinas tienen el mismo código y se redundaría.

Pantalla Principal:

- Botón INGRESAR USUARIO
DIM LogonResult AS DISCRETE;
LogonResult = PostLogonDialog();
- Botón SALIR USUARIO
DIM desloguearse;
desloguearse = Logoff();
- Botón cuadro de máquina
Show "MAQUINA_1";
- Botón FIN DE TURNO
M1_CERRAR=0;
Show "FIN DE TURNO";
- Botón REINICIAR VARIABLES
REINICIO_TOTAL=1;
M1_FALLOS_TOTAL=0;
M2_FALLOS_TOTAL=0;
M3_FALLOS_TOTAL=0;
M1_DIA=0;
M1_HORA=0;
M1_MIN=0;
M1_SEG=0;
M1_DIA_F=0;
M1_HORA_F=0;
M1_MIN_F=0;
M1_SEG_F=0;
M2_DIA=0;
M2_HORA=0;
M2_MIN=0;
M2_SEG=0;
M2_DIA_F=0;
M2_HORA_F=0;
M2_MIN_F=0;
M2_SEG_F=0;
M3_DIA=0;
M3_HORA=0;
M3_MIN=0;
M3_SEG=0;
M3_DIA_F=0;

M3_HORA_F=0;

M3_MIN_F=0;

M3_SEG_F=0;

Pantalla "LISTADO DE FALLAS DE LA MÁQUINA"

- Botón AJUSTES
M1_N_AJUSTE = M1_N_AJUSTE+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "AJUSTES";
Show "AJUSTES_M1";
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
- Botón ELECTRONICO
M1_N_ELECTRONICO =
M1_N_ELECTRONICO+1;
N_REPORTES_M1= 0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "ELECTRONICO";
Show "ELECTRONICO_M1";
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
- Botón MECANICO
M1_N_MECANICO = M1_N_MECANICO+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "MECANICO";
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "MECANICO_M1";
- Botón PLANIFICACION
M1_N_PLANIFICACION =
M1_N_PLANIFICACION+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "PLANIFICACION";
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";

Show "PLANIFICACION_M1";

- Botón PROGRAMACION
M1_N_PROGRAMACION =
M1_N_PROGRAMACION+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL = M1_FALLOS;
TIPO_FALLA= "PROGRAMACION";
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "PROGRAMACION_M1";
- Botón SIN ORDEN
M1_N_SIN_ORDEN = M1_N_SIN_ORDEN+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "SIN ORDEN";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";
- Botón DEFECTO
M1_N_DEFECTO = M1_N_DEFECTO+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "DEFECTO";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";
- Botón FALTA DE AIRE
M1_N_FALTA_DE_AIRE =
M1_N_FALTA_DE_AIRE+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "FALTA DE AIRE";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";
- Botón GERENCIA

M1_N_GERENCIA = M1_N_GERENCIA+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "GERENCIA";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";

- Botón LIMPIEZA
M1_N_LIMPIEZA = M1_N_LIMPIEZA+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "LIMPIEZA";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";
- Botón MANTENIMIENTO
M1_N_MANTENIMIENTO =
M1_N_MANTENIMIENTO+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "MANTENIMIENTO";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";
- Botón MUESTREO
M1_N_MUESTREO = M1_N_MUESTREO+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL=M1_FALLOS_TOTAL;
TIPO_FALLA= "MUESTREO";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
"FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";

- Botón RUPTURA DE HILOS

```

M1_N_RUPTURA_HILOS =
  M1_N_RUPTURA_HILOS+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
  M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "RUPTURA DE HILOS";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
  "FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";

```

- Botón SUMINISTRO

```

M1_N_SUMINISTRO =
  M1_N_SUMINISTRO+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
  M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "SUMINISTRO";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
  "FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME";

```

- Botón NUEVA ORDEN

```

M1_N_NUEVA_ORDEN =
  M1_N_NUEVA_ORDEN+1;
N_REPORTES_M1=0;
M1_FALLOS_TOTAL =
  M1_FALLOS_TOTAL+1;
TIPO_FALLA= "NUEVA ORDEN";
DETALLE= " ";
ResultCode=SQLInsert(ConnectionID,"PAROS",
  "FALLOS");
Hide "FALLAS_MAQUINA_1";
Show "HOME"

```

ANEXO 5. Variables usadas en Intouch

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE
M1_INSERTAR	Memory Discrete	M2_N_RUPTURA_HILOS	Memory Integer
M1_ENCENDIDA_OUT	Memory Discrete	M2_DIA_F	Memory Integer
M2_INSERTAR	Memory Discrete	M1_DOCENAS_MEDIAS	Memory Integer
M1_CERRAR	Memory Discrete	M3_N_MEDIAS_DAÑADAS	Memory Integer
M3_INSERTAR	Memory Discrete	M1_FALLOS_TOTAL	Memory Integer
M1_FALLO	I/O Discrete	M3_N_DEFECTO	Memory Integer
M3_RESET_MEDIAS	I/O Discrete	N_REPORTES_M3	Memory Integer
M2_RESET_MEDIAS	I/O Discrete	M2_N_AJUSTE	Memory Integer
REINICIO_TOTAL	I/O Discrete	ResultCode	Memory Integer
M3_FALLO	I/O Discrete	ConnectionID	Memory Integer
M3_ENCENDIDA_OUT	I/O Discrete	OPERADOR	Memory Integer
M2_ENCENDIDA_OUT	I/O Discrete	N_MAQ	Memory Integer
M1_RESET_MEDIAS	I/O Discrete	M3_N_GERENCIA	Memory Integer
M2_FALLO	I/O Discrete	ESTADO_M3	Memory Integer
M2_SEG_FT	Memory Integer	M2_FALLOS_TOTAL	Memory Integer
M1_MEDIAS_BUENAS_OUT	Memory Integer	M2_N_ELECTRONICO	Memory Integer
M2_N_MEDIAS_DAÑADAS	Memory Integer	N_REPORTES_M2	Memory Integer
M2_MEDIAS_BUENAS_OUT	Memory Integer	M3_N_PROGRAMACION	Memory Integer
M1_N_AJUSTE	Memory Integer	M3_N_SUMINISTRO	Memory Integer
M1_N_ELECTRONICO	Memory Integer	M3_N_MECANICO	Memory Integer
M1_N_MECANICO	Memory Integer	M3_N_MUESTREO	Memory Integer
M1_N_PLANIFICACION	Memory Integer	M2_N_PLANIFICACION	Memory Integer
M1_N_PROGRAMACION	Memory Integer	M3_N_ELECTRONICO	Memory Integer
M1_N_SIN_ORDEN	Memory Integer	M3_N_MANTENIMIENTO	Memory Integer
M1_N_FALTA_AIRE	Memory Integer	M2_N_PROGRAMACION	Memory Integer
M1_N_MANTENIMIENTO	Memory Integer	M3_FALLOS_TOTAL	Memory Integer
M1_N_RUPTURA_HILOS	Memory Integer	M3_N_LIMPIEZA	Memory Integer
M1_N_SUMINISTRO	Memory Integer	M2_N_SIN_ORDEN	Memory Integer
M1_N_OTROS	Memory Integer	M3_N_AJUSTE	Memory Integer
M1_N_GERENCIA	Memory Integer	M3_N_FALTA_AIRE	Memory Integer
M1_N_LIMPIEZA	Memory Integer	ESTADO_M2	Memory Integer
N_REPORTES_M1	Memory Integer	M2_N_DEFECTO	Memory Integer
M1_SEG	Memory Integer	M3_N_SIN_ORDEN	Memory Integer
M1_MIN	Memory Integer	M3_N_OTROS	Memory Integer
M1_HORA	Memory Integer	M2_N_FALTA_AIRE	Memory Integer
M1_DIA	Memory Integer	M3_N_PLANIFICACION	Memory Integer
M1_SEG_F	Memory Integer	M3_N_RUPTURA_HILOS	Memory Integer
M1_MIN_F	Memory Integer	M3_SEG_FT	Memory Integer

M1_HORA_F	Memory Integer	M1_MEDIAS_SOBRANTES	Memory Integer
M1_DIA_F	Memory Integer	M2_MEDIAS_SOBRANTES	Memory Integer
M3_MEDIAS_REPORTE	Memory Integer	M3_MEDIAS_SOBRANTES	Memory Integer
M1_SEG_FT	Memory Integer	M3_N_MEDIAS_TURNO	I/O Integer
M1_MEDIAS_REPORTE	Memory Integer	M1_N_MEDIAS_TURNO	I/O Integer
M2_MEDIAS_REPORTE	Memory Integer	M2_N_MEDIAS_TURNO	I/O Integer
M3_DOCENAS_MEDIAS	Memory Integer	ESTADO_M1	Memory Integer
M1_N_DEFECTO	Memory Integer	M2_FECHA_PARO	Memory message
M1_N_MUESTREO	Memory Integer	M2_PARO_REPORTE_OFF	Memory message
M1_MIN_R1	Memory Integer	M3_MSJ	Memory message
M3_N_MEDIAS_BUENAS	Memory Integer	M1_HORA_OFF	Memory message
N_MAQ_PRODUCCION	Memory Integer	TURNO1	Memory message
M1_N_MEDIAS_DAÑADAS	Memory Integer	M2_MSJ	Memory message
M1_N_MEDIAS_BUENAS	Memory Integer	M2_PARO_REPORTE_ON	Memory message
N_TURNO	Memory Integer	M2_HORA_OFF	Memory message
M2_N_MUESTREO	Memory Integer	M1_HORA_ON	Memory message
M2_HORA_F	Memory Integer	M3_MENSAJE	Memory message
M2_N_MANTENIMIENTO	Memory Integer	M2_MENSAJE	Memory message
M2_MIN_F	Memory Integer	M2_PARO_PRODUCCION_ON	Memory message
M2_N_GERENCIA	Memory Integer	M2_HORA_ON	Memory message
M2_DIA	Memory Integer	M1_PARO_PRODUCCION_ON	Memory message
M3_DIA_F	Memory Integer	M1_PARO_PRODUCCION_OFF	Memory message
M2_MIN	Memory Integer	M1_MSJ	Memory message
M3_MIN_F	Memory Integer	M1_MENSAJE	Memory message
M2_SEG	Memory Integer	NOMBRE_SUPERVISOR	Memory message
M3_SEG_F	Memory Integer	NOMBRE_OPERADOR	Memory message
M3_MEDIAS_BUENAS_OUT	Memory Integer	M3_HORA_ON	Memory message
M3_DIA	Memory Integer	DETALLE	Memory message
M2_N_MEDIAS_BUENAS	Memory Integer	M2_PARO_PRODUCCION_OFF	Memory message
M2_DOCENAS_MEDIAS	Memory Integer	M1_PARO_REPORTE_ON	Memory message
M3_HORA	Memory Integer	M1_PARO_REPORTE_OFF	Memory message
M2_N_OTROS	Memory Integer	M1_FECHA_PARO	Memory message
M3_MIN	Memory Integer	M3_HORA_OFF	Memory message
M2_N_SUMINISTRO	Memory Integer	M3_PARO_PRODUCCION_OFF	Memory message
M3_SEG	Memory Integer	TIPO_FALLA	Memory message
M2_N_LIMPIEZA	Memory Integer	HORA	Memory message
M2_SEG_F	Memory Integer	M3_PARO_PRODUCCION_ON	Memory message
M2_N_MECANICO	Memory Integer	M3_PARO_REPORTE_OFF	Memory message
M2_HORA	Memory Integer	M3_PARO_REPORTE_ON	Memory message
M3_HORA_F	Memory Integer	M3_FECHA_PARO	Memory message