



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE
DATOS DE LA MÁQUINA DE TORSIÓN DEL LABORATORIO DE
RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA.**

**PILLAJO HUARACA NIEVES CAROLINA;
SUÁREZ SUÁREZ FERNANDO SANTIAGO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Riobamba-Ecuador

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-04-19

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

NIEVES CAROLINA PILLAJO HUARACA

Titulado:

“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA DE TORSIÓN DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes
DIRECTOR

Ing. John German Vera Luzuriaga
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NIEVES CAROLINA PILLAJO HUARACA

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA DE TORSIÓN DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2018-02-14

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guaman Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes DIRECTOR DE TESIS			
Ing. John German Vera Luzuriaga ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guaman Mendoza

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-04-19

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

FERNANDO SANTIAGO SUÁREZ SUÁREZ

Titulado:

“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA DE TORSIÓN DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes
DIRECTOR

Ing. John German Vera Luzuriaga
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FERNANDO SANTIAGO SUÁREZ SUÁREZ

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA DE TORSIÓN DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2018-10-09

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guaman Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes DIRECTOR DE TESIS			
Ing. John German Vera Luzuriaga ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guaman Mendoza

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Pillajo Huaraca Nieves Carolina

Suárez Suárez Fernando Santiago

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Nieves Carolina Pillajo Huaraca declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumí la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Pillajo Huaraca Nieves Carolina

Cédula de identidad: 060414855-1

Suárez Suárez Fernando Santiago

Cédula de identidad: 060409622-2

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi Dios, quien en su infinito amor me permitio llegar a esta etapa de mi vida, a mis padres Luz y José Pillajo, a mis hermanos Martha, Paty, Fernando, Nancy, Carmita, Luis, Alexa, Juan Carlos quienes han sido como unos padres que Dios me ha dado, a mis sobrinos y amigos quienes con sus sabios consejos me han ayudado y apoyado incondicionalmente, motivandome para llegar a alcanzar esta meta.

Nieves Carolina Pillajo Huaraca.

A mi madre por brindarme un apoyo incondicional durante todos estos años, por ser la persona que me guio para seguir el camino correcto y me apoyo durante los momentos difíciles con todo su amor para lograr culminar una etapa más de mi vida. A mi familia que siempre estuvo pendiente de mi progreso, brindándome consejos y todo el cariño del mundo

Fernando Santiago Suárez Suárez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios porque día a día a sido la persona que ha estado presente en todo momento, guiando mis pasos, a mis padres que con su ejemplo de trabajo y dedicación me han impulsado a culminar esta etapa de mi vida, a mis hermanos, amigos que han sido un apoyo incondicional, al Ingeniero Isaías Caicedo , Ingeniero John Vera, Ingeniero Geovanny Novillo, Ing. Jorge Lema, quienes con sus conocimientos han aportado en mi crecimiento profesional y sus sabios consejos me han ayudado a tomar desiciones en mi vida .

Nieves Carolina Pilajo Huaraca

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi facultad la Escuela de Ingeniería Mecánica por entregarme los conocimientos y valores necesarios que han servido de guía para convertirme en un profesional de bien al servicio de la sociedad

A mi familia por su constante motivación día tras día y por nunca dejar que me rinda y darme ese pequeño empujón necesario para seguir adelante

A todos mis amigos con los cuales se han compartido momentos inolvidables, algunos de ellos han tomado diferentes caminos y a pesar de eso siempre han estado presentes con su apoyo incondicional motivándome a seguir intentando a pesar de las adversidades

A todas las personas que de una u otra manera influyeron en esta etapa de mi vida y que ayudaron a que este sueño sea posible.

Fernando Santiago Suárez Suárez

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN ABSTRACT

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Problema.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.4	Objetivos.....	2
1.4.1	<i>Objetivo general.</i>	2
1.4.2	<i>Objetivos específicos.</i>	2
2.	MARCO REFERENCIAL DE LA REPOTENCIACIÓN, MANTENIMIENTO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	3
2.1	Repotenciación.....	3
2.2	Mantenimiento.....	3
2.2.1	<i>Objetivos del mantenimiento</i>	4
2.2.2	<i>Funciones del mantenimiento</i>	4
2.2.3	<i>Tipos de mantenimiento</i>	5
2.3	Origen del Sistema automático.....	5
2.3.1	<i>Sistema automático</i>	6
2.3.1.1	<i>Pirámide de la automatización</i>	7
2.3.1.2	<i>Elementos de un sistema de Control Automático.</i>	8
2.4	Formas de realizar el control de un proceso.....	8
2.4.1	<i>Control de lazo abierto.</i>	9
2.4.2	<i>Control de lazo cerrado.</i>	9
2.5	Control Lógico Programable (PLC).....	10
2.5.1	<i>Características principales del SIMATIC S7-1200.</i>	11
2.5.2	<i>Tipos de PLC.</i>	12
2.5.3	<i>Partes de un PLC</i>	13
2.5.3.1	<i>Módulo central de proceso CPU</i>	14
2.5.3.2	<i>Función de un CPU</i>	14
2.5.3.3	<i>Tipos de Memoria del CPU</i>	14
2.5.3.4	<i>Sistema de BUS.</i>	15
2.5.4	<i>Lenguaje de programación de un PLC en Siemens.</i>	16

2.5.4.1	<i>Lenguaje de programación FUP (Funktionsplan)</i>	17
2.5.4.2	<i>Lenguaje de programación KOP (Kontaktplan)</i>	18
2.5.4.3	<i>Lenguaje de programación AWL (Anweisungsliste)</i>	19
2.5.4.4	<i>Lenguaje de programación S7 – SCL (Structured Control Language)</i>	20
2.5.4.5	<i>Lenguaje de programación S7 – GRAPH</i>	21
2.5.5	<i>Comunicación del PLC S7 – 1200</i>	22
2.5.6	<i>Fuente de alimentación.</i>	22
2.6	<i>Pantalla Táctil</i>	23
2.6.1	<i>Clasificación de las pantallas táctiles.</i>	23
2.6.2	<i>Paneles SIMATIC</i>	24
2.7	<i>Sistema Eléctrico y Electrónico</i>	24
2.7.1	<i>Sensor</i>	24
2.7.1.1	<i>Características de un sensor</i>	25
2.7.2	<i>Sensor incremental</i>	25
2.7.2.1	<i>Placa amplificadora de señal Encoder</i>	26
2.7.3	<i>Sensor Celda de Carga</i>	26
2.7.3.1	<i>Características del sensor celda de carga</i>	27
2.7.4	<i>Motor Eléctrico Shunt</i>	27
2.7.4.1	<i>Características del motor Shunt</i>	28
2.7.4.2	<i>Torque del motor Shunt</i>	28
2.7.5	<i>Accionamientos electrónicos</i>	29
2.7.5.1	<i>Relé</i>	30
2.7.6	<i>Elementos de Protección, Mando y Señalización</i>	31
2.7.6.1	<i>Interruptor termo magnético</i>	31
2.7.6.2	<i>Pulsador</i>	32
2.7.6.3	<i>Piloto de señalización</i>	32
2.8	<i>Elementos Mecánicos</i>	33
2.9	<i>TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)</i>	33
2.9.1	<i>Gestión de Datos</i>	34
2.9.2	<i>Tareas</i>	35
2.9.3	<i>Ventajas</i>	36
2.10	<i>Normas para el ensayo de torsión</i>	36
2.10.1	<i>Procedimiento de Prueba Según La Norma Astm E143-02</i>	37
2.10.2	<i>Consideraciones generales Según La Norma Astm E143-02</i>	38

2.10.3	<i>Equipos:</i>	38
2.10.4	<i>Selección de la Probeta</i>	39
2.10.5	<i>Procedimiento para el desarrollo del ensayo</i>	39
3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	41
3.1	Selección de sensor.....	41
3.1.1	<i>Encoder infrarrojo tipo herradura.</i>	41
3.1.2	<i>Características del encoder infrarrojo</i>	41
3.1.3	<i>Conexión del encoder en el sistema eléctrico.</i>	42
3.2	Controlador de celda de carga	43
3.2.1	<i>Características de la celda de carga</i>	43
3.3	Estructura de Procesos y Direccionamiento con el Software TIA PORTAL..	44
3.4	Asignación de memorias y salidas.....	44
3.4.1	<i>Celda de carga</i>	44
3.4.2	<i>Regulador de velocidad</i>	45
3.4.3	<i>Control por Relés</i>	46
3.4.4	<i>Posición</i>	47
3.4.5	<i>Activación de diámetros Pantalla</i>	48
3.4.6	<i>Encera los valores Visualizados</i>	48
3.4.7	<i>Creación del datalog</i>	49
3.4.8	<i>Habilitación de escritura Datalog</i>	50
3.4.9	<i>Escritura de valores</i>	50
3.4.10	Habilitación de recolección de datos	50
3.4.11	<i>Reset</i>	51
3.4.12	<i>Condición de recolección de datos automáticos</i>	51
3.4.13	<i>Recolección de datos</i>	52
3.4.14	<i>Ingreso de fórmulas para la varilla sólida</i>	52
3.4.15	<i>Ingreso de fórmulas para varilla hueca.</i>	54
3.4.16	<i>Activación de valores finales</i>	55
4.	VALIDACIÓN DE DATOS, GUÍA DE LABORATORIO, PLAN DE	
	MANTENIMIENTO Y COSTOS.	56
4.1	Calibración del nuevo sistema de adquisición de datos.	56
4.2	Datos obtenidos con el nuevo sistema incorporado.....	57
4.2.1	<i>Propiedades del material de un Cilindro sólido.</i>	58
4.2.2	<i>Análisis de las propiedades del material de una varilla sólida.</i>	59

4.3	<i>Propiedades del material de un tubo Redondo.</i>	60
4.3.1	<i>Análisis de las propiedades del material de un tubo redondo.</i>	61
4.4	Manual de Operación de la Máquina de Torsión.	63
4.4.1	<i>Vista general del equipo.</i>	63
4.4.2	<i>Características del equipo.</i>	63
4.4.3	<i>Requisitos de operación.</i>	63
4.4.4	<i>Instrucciones de operación.</i>	64
4.4.5	<i>Descargar datos del Plc</i>	66
4.5	Guía de laboratorio	67
4.6	Plan de mantenimiento	72
4.7	Costos de operación	72
4.7.1	<i>Costo de equipos eléctricos y electrónicos.</i>	73
4.7.2	<i>Costos por mantenimiento y material de ensayo.</i>	73
4.7.3	<i>Costo Total</i>	74
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1	Conclusiones	75
5.2	Recomendaciones	75

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2: Datos de Placa del Motor Shunt.....	29
Tabla 1-4: Datos obtenidos del nuevo sistema incorporado (HMI).	57
Tabla 2-4: Especificaciones de la probeta de ensayo	58
Tabla 3-4: Propiedades del Material.....	58
Tabla 4-4: Especificaciones de la Probeta Circular Hueca.....	60
Tabla 5-4: Propiedades del Material Tubular.	61
Tabla 6-4: Plan de mantenimiento preventivo.....	72
Tabla 7-4: Costo de Equipos.....	73
Tabla 8-4: Costo por Mantenimiento.....	74
Tabla 9-4: Costo Total	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Pirámide de la Automatización	7
Figura 2-2. Sistema de Control	9
Figura 3-2. Estructura Básica del PLC.	10
Figura 4-2. Signal Board.....	11
Figura 5-2 Módulos de Señales	12
Figura 6-2. Módulos de Comunicación	12
Figura 7-2. Memorias de un PLC	15
Figura 8-2. Sistema de Bus	16
Figura 9-2 Diagrama de Funciones.....	17
Figura 10-2. Instrucciones con FUP	17
Figura 11-2.. Diagrama de Contactos o de Escalera.....	18
Figura 12-2. Instrucciones con KOP	18
Figura 13-2. Lista de Instrucciones	19
Figura 14-2. Instrucciones con AWL	19
Figura 15-2. Lenguaje de Control Estructurado	20
Figura 16-2. Instrucciones SCL	20
Figura 17-2 Lenguaje S7- Graph	21
Figura 18-2 Instrucciones con S7- Graph	21
Figura 19-2. Conexión a la Red y Conexión Directa.....	22
Figura 20-2. Fuente de Poder Logo Power	23
Figura 21-2. Encoders Incrementales.	25
Figura 22-2. Placa Amplificadora de Señal	26
Figura 23-2. Sensor de Torque	27
Figura 24-2. Motor de Derivación	28
Figura 25-2. Diagrama de Conexión de un Relé.	30
Figura 26-2. Interruptor Termo Magnético	31
Figura 27-2. Pulsador de Paro	32
Figura 28-2. Luz Piloto.....	32
Figura 29-2. Interfaz de Comunicación PLC, HMI, PC	34
Figura 30-2. Asignación de Memorias	35
Figura 31-2. Probeta sometida a Torque.....	36

Figura 1-3. Encoder incremental	42
Figura 2-3. Conexión del Encoder	43
Figura 3-4. Celda de Carga	43
Figura 4-3. Variables del PLC, creadas en este Proyecto	44
Figura 5-3. Segmento 1. Celda de Carga	45
Figura 6-3. Segmento 2. Programación de la Velocidad	46
Figura 7-3. Segmento 3. Programación para el control por Relés	47
Figura 8-3. Segmento 4. Programación de la Posición	48
Figura 9-3. Segmento 5. Programación para activar diámetros de pantalla	48
Figura 10-3. Segmento 6. Programación para encerrar valores visualizados	49
Figura 11-3. Segmento 7. Programación para crear el datalog	49
Figura 12-3. Segmento 8. Programación Datalog	50
Figura 13-3. Segmento 9. Programación Para Transferir datos	50
Figura 14-3. Segmento 10. Programación Habilita datos recolectados	51
Figura 15-3. Segmento 11. Programación del Reset	51
Figura 16-3. Segmento 12. Programación de Datos Automáticos	52
Figura 17-3. Segmento 13. Programación recolección de datos	52
Figura 18-3. Segmento 14. Programación Formulas Cilindro Sólido	53
Figura 19-3. Segmento 15. Programación Formulas Probeta Circular hueca	54
Figura 20-3. Segmento 16. Programación Activa Valores Finales	55
Figura 1-4. Vista del Equipo	63
Figura 2-4. Activación del Breaker	64
Figura 3-4. Pantalla de Visualización	65

LISTA DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico 1-4. Ecuación de la Pendiente de la Recta.....	56
Gráfico 2-4. Esfuerzo Cortante vs Deformación Angular Probeta Solida.....	59
Gráfico 3-4. Momento Torsor vs Ángulo de giro Probeta Solida.....	60
Gráfico 4-4. Esfuerzo cortante vs deformación unitaria angular de un tubo redondo...	62
Gráfico 5-4. Momento Torsor vs Ángulo de giro de un Tubo Redondo.	62

LISTA DE ABREVIATURAS

AISI	Instituto americano del hierro y el acero/American Iron and Steel Institute
ASIC	Circuito integrado específico de aplicación.
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
CA	Corriente alterna.
CC	Corriente continua.
CM	Módulo de comunicación.
CPU	Unidad central de procesamiento.
CVS	valores separados por comas.
DCS	Sistema de control distribuido
EPP	Equipos de protección personal
E/S	Entradas y salidas
FPGA	Matriz de puertas programables/ (Field Programmable Gate Array)
FIE	Facultad de Ingeniería electrónica.
ISO	Organización Internacional de Normalización/ International Standard Organization
MES	Sistema de Ejecución de Manufactura/ Manufacturing Execution System
NC	Normalmente cerrado
NO	Normalmente abierto
PAC	Controlador de automatización programable
PLC	Controlador lógico programable.
RTU	Unidad terminal Remota /Remote terminal unit
SB	Signal Board
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
SCL	Lenguaje de control estructurado /Structured Control Language
SI	Sistema Internacional de Unidades
SM	Módulo de señales
TIA	Automatización Totalmente Integrada /Totally Integrated Automation

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Data Sheet Signal Board

ANEXO B. Especificaciones del sensor de torque

ANEXO C. Especificaciones de la celda de carga.

ANEXO D. Datos técnicos de la Cpu 1212C

ANEXO E. Manual de la interfaz (Pantalla Táctil HMI.)

ANEXO F. Flujograma de puesta en marcha de la máquina de torsión.

ANEXO G. Desarrollo de la Guía de Laboratorio

ANEXO H. Descarga del archivo del PLC

ANEXO I. Esquema eléctrico de la máquina de torsión.

ANEXO J. Manual de mantenimiento de la máquina de torsión.

RESUMEN

La repotenciación del sistema de adquisición de datos de la Máquina de Torsión del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica, con la finalidad de mejorar sus prestaciones, implementando un sistema de control automático a través de una programación realizada en el software TIA PORTAL en la que intervienen un conjunto de elementos eléctricos como electrónicos tales como: un PLC Simatic S7-1200, con un módulo de ampliación SB 1232 (Signal Board) con una salida analógica, una pantalla táctil compacta HMI KTP400B BASIC PANEL COLOR de 4”(cuatro pulgadas), un encoder óptico incremental, un controlador de celda de carga, una fuente de poder Logo Siemens, placa amplificadora de voltaje, un transformador de voltaje, relés, botón de paro, luces de señalización. Obteniendo resultados favorables pues a través de la pantalla se puede supervisar, controlar y adquirir los datos del ensayo de torsión. Los datos obtenidos por la interfaz se calibró realizando mediciones con un sistema de pesas, que nos permitió realizar un análisis de error del torque, el cual se corrigió con la ecuación de linealización del valor esperado con el valor calculado. Finalmente se podrá descargar del PLC, la base de datos que se ha generado de las propiedades del material en tiempo real.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <REPOTENCIACIÓN>, <ECUACIÓN DE LINEALIZACIÓN>, <SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO>, <TIA PORTAL (SOFTWARE)>, <ENCODER ÓPTICO>.

ABSTRACT

The repowering of the data acquisition system of the Torsion Machine of the Materials Resistance Laboratory of the Faculty of Mechanics, in order to improve its performance, implementing an automatic control system through a programming made in the TIA PORTAL software which involves a set of electrical elements such as electronic: a Simatic S7-1200 PLC, with an SB 1232 expansion module (Signal Board) with an analog output, a compact touch screen HMI KTP 400B BASIC PANEL COLOR 4 " (four inches), an incremental optical encoder, a load cell controller, a power source Logo Siemens, voltage amplifier board, voltage transformer, relays, stop button, signal lights. Obtaining favorable results because, through the screen, it can monitor, control and acquire the torsion test data. The data obtained by the interface was calibrated by measuring with a weight system, which allowed us to perform a torque error analysis, which was corrected with the linearization equation of the expected value with the calculated value. Finally, the database that has been generated from the properties of the material in real time can be downloaded from the PLC.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <REPOTENCIATION>, <LINEARIZATION EQUATION>, <AUTOMATIC CONTROL SYSTEM>, <TIA PORTAL (SOFTWARE)>, <OPTICAL ENCODER>

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Mecánica cuenta con el Laboratorio de Resistencia de Materiales, en el mismo se encuentra la máquina de Torsión, mediante una inspección visual se pudo determinar que no presenta las mejores condiciones de funcionamiento, pues se encuentra atrasada en tecnología con respecto a las máquinas que actualmente encontramos en el mercado. Entonces surge la necesidad de mejorar el sistema de adquisición de datos para lograr un mayor beneficio en el proceso al realizar un ensayo de torsión, a través de la repotenciación, lo cual nos permitirá realizar este trabajo por un costo menor con respecto a la adquisición de una máquina nueva. Motivo por el cual este trabajo se presenta como una propuesta tecnológica. Entonces en el proceso de implementación del nuevo sistema, surge la necesidad de controlar el proceso, por lo cual se investigó técnicas de control a través de herramientas de software Scada como WinCC que posee tecnologías robustas con la cual podemos desarrollar completos sistemas de visualización de procesos y controlarlos en tiempo real. A través de Software como: TIA PORTAL que trabaja con Siemens y equipos tales como: PLC, pantalla Táctil HMI, Reles, sensor incremental como elementos principales, que mejoren el proceso, logrando un sistema con un alto desempeño, se programó con un lenguaje de programación KOP, logrando una visualización de como se está llevando a cabo el proceso de ensayo, con entornos SCADA, es decir una imagen virtual del proceso, en la pantalla se puede visualizar la torsión y el ángulo de giro, en tiempo real, también se puede ingresar los datos de la probeta a ensayar y elegir si presenta una sección circular o una sección hueca, como también se puede elegir la velocidad del ensayo en grados por minuto [$^{\circ}/\text{min}$]. Al concluir el ensayo se podrá descargar del PLC, una tabla de datos, que presenta una extensión CSV, este archivo se lo puede abrir en una hoja de cálculo Microsoft Excel. Gracias a la repotenciación de la máquina de torsión podremos obtener las propiedades del material, tales como; el esfuerzo cortante, módulo de corte, deformación angular unitaria. Para este trabajo se ha utilizado la automatización como una herramienta principal, debido a la programación con el software ya indicado se logró programar e interactuar con todos los equipos eléctricos y electrónico del nuevo sistema integrado

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

La Máquina de torsión del laboratorio de Resistencia de Materiales mantiene un sistema de adquisición de datos muy antiguo, según una inspección visual se ha recolectado información que nos permite determinar el estado de la misma, además determinamos que su última repotenciación se la realizó en el año 2004, por la FIE (Facultad de Ingeniería Electrónica), basada en un sistema de lógica cableada la misma que interactuaba en conjunto con un display de marca OMEGA, para la obtención de una Momentoo Torsor que se aplica a la probeta de ensayo, para adquirir el dato del ángulo de deformación se contaba el número de vueltas, hasta su fractura. Actualmente la máquina de torsión, por las características que presenta no ha estado en funcionamiento, de tal manera se ha considerado mejorar el sistema de control y adquisición de datos.

El estudio de la mecánica de sólidos y la realización de ensayos para determinar las propiedades de los materiales, son los principales motivos de este trabajo de repotenciación, basándonos en tecnología de última generación la misma que se han venido desarrollando gracias a sistemas con autómatas, son las que nos permitirán llevar a cabo nuestro objetivo planteado dando lugar a la automatización de procesos.

1.2 Problema

Desde hace un año no se han venido desarrollando los ensayos de torsión, motivo por el cual los estudiantes de la Facultad de Mecánica se perjudican, ya que la máquina de torsión no presenta las mejores condiciones, pues está atrasada en tecnología, en la actualidad las máquinas presentes en el mercado tienen tecnología de última generación pero son muy costosas.

1.3 Justificación

La repotenciación del sistema de adquisición de datos se establece como una solución viable, gracias a los sistemas con autómatas programables se podrá repotenciar de una forma rápida y sencilla. Logrando mejorar sus prestaciones originales, al implementar equipos de última generación, por un costo relativamente bajo con relación al costo de adquisición de una máquina nueva

La automatización se establece como una solución viable para mejorar las condiciones en las que actualmente se encuentra la máquina. El desarrollo de este trabajo ayudará a los estudiantes de la Facultad de Mecánica, afirmar los conocimientos adquiridos en las aulas, a través de los ensayos de torsión, permitiéndoles comparar datos, observando el comportamiento del material en tiempo real.

1.4 Objetivos.

1.4.1 *Objetivo general.*

Repotenciar el sistema de adquisición de datos en la máquina de torsión del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica por medio de la implementación y calibración de un sistema electrónico que muestre datos en tiempo real.

1.4.2 *Objetivos específicos.*

- Implementar un sistema de sensores que permitan mostrar en tiempo real las diferentes variables del ensayo de torsión.
- Garantizar que los resultados obtenidos vayan de acuerdo a la normativa ASTM E 143-02
- Comparar datos teóricos y datos reales obtenidos durante los ensayos.
- Realizar una guía de laboratorio y un plan de mantenimiento adecuado para el equipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL DE LA REPOTENCIACIÓN, MANTENIMIENTO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.

El presente capítulo tiene como objetivo el estudio de la información referente a la repotenciación, mantenimiento y la automatización, en los diferentes campos de operación en la industria, con el fin de poder determinar los parámetros más adecuados, los cuales nos permitirán dar cumplimiento a nuestro objetivo planteado en este trabajo.

2.1 Repotenciación

La repotenciación mecánica o electrónica de maquinaria persigue restablecer e incluso mejorar las prestaciones originales de un equipo, con el propósito de impulsar la productividad y competitividad de las industrias, exigiendo al mundo actual más rapidez y calidad, además de ahorro en el presupuesto.

En la repotenciación se debe considerar la modificación y adaptación del diseño existente teniendo como finalidad la satisfacción de los nuevos requerimientos, minimizando los cambios en el diseño original y maximizando la utilización de los equipos y dispositivos existentes.

2.2 Mantenimiento

El mantenimiento es un servicio que concentra una serie de actividades y su ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones industriales, etc. Un mantenimiento adecuado, prolonga la vida útil de los bienes, al obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y al reducir el número de fallas. Se dice que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado. (ENERGIZA, 2017)

2.2.1 *Objetivos del mantenimiento*

- Evitar, reducir y reparar las fallas sobre los bienes.
- Evitar incidentes y elevar el nivel de seguridad para el operario.
- Prolongar la vida útil de los bienes.
- Evitar el paro de la maquinaria, innecesariamente.
- Evitar accidentes.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el costo económico.
- Proyectar y sugerir mejoras en la maquinaria y equipos disminuyendo las posibilidades de daño y fractura.
- Controlar el costo directo del mantenimiento mediante el uso correcto y eficiencia del tiempo, materiales, hombres y servicio.

2.2.2 *Funciones del mantenimiento*

Funciones Primarias:

- Mantener, reparar y revisar los equipos e instalaciones de manera constante.
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo y programado.
- Generación y distribución de los servicios eléctricos, vapor, aire, agua, gas, etc.
- Instalar, modificar y remover equipos e instalaciones.
- Nuevas instalaciones de equipos.
- Selección y entrenamiento de personal.

Funciones Secundarias:

- Asesorar la compra de nuevos equipos.
- Realizar pedidos de repuestos, herramientas y suministros.
- Controlar un inventario de repuestos y suministros.
- Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección.

2.2.3 Tipos de mantenimiento

Podemos mencionar algunos tipos de mantenimiento como son: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Proactivo, Mantenimiento Cero horas (Overhaul), Mantenimiento en uso, de los cuales a continuación daremos a conocer los siguientes: ya que los utilizaremos para realizar el presente proyecto.

Mantenimiento Correctivo.- el mantenimiento Correctivo se efectúa cuando se cumplen tareas no programadas y se ejecutan para corregir un mal funcionamiento. Dentro de este mantenimiento tenemos dos tipos de mantenimiento que son:

- Mantenimiento rutinario: es la corrección de fallas que no afectan mucho a los sistemas.
- Mantenimiento de emergencia: se origina por las fallas de equipo, instalaciones, edificios, etc., que requieren ser corregidos en un corto lapso.

Mantenimiento Preventivo.- el mantenimiento preventivo se lo realiza cuando existen tareas programadas, sobre la base de las horas de funcionamiento del equipamiento o tiempo calendario. También es conocido como mantenimiento planificado, el mismo que trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos, aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo.

2.3 Origen del Sistema automático

El origen de los automatismos no se encuentra definido en una fecha específica, los primeros sistemas automáticos pudieron aparecer en la prehistoria cuando se realizaban trampas de caza, las cuales se activaban con el peso de la presa. Con el paso de los años se vinieron creando diferentes máquinas, que imitaban los movimientos de los seres humanos, sin embargo, estos artefactos fueron concebidos con fines recreativos. (GUTIÉRREZ OROZCO, y otros, 2008 pág. 1)

Al transcurrir el tiempo, se puede decir que con la Revolución Industrial (1760-1840), han venido surgiendo, diferentes inventos que han revolucionado la industria: como la máquina de vapor de James Watt (1769), la cual podía poner en marcha un proceso entero. Posteriormente, surgió el motor de corriente continua de Thomas Davenport (1834), sin embargo, su uso no fue generalizado hasta la introducción del dínamo de Werner Von Siemens, de tal forma la máquina de vapor fue reemplazada de a poco.

Dando inicio a la introducción de sistemas automáticos en los procesos productivos, en sus principios los automatismos estaban compuestos, por componentes mecánicos como engranes y palancas. En la década de los setenta, la complejidad de los sistemas automáticos se incrementó debido a la aparición de circuitos integrados y sistemas basados en microprocesadores; en esa época también se desarrollaron ordenadores digitales, sin embargo, debido a sus elevados costos su uso al control de procesos se vio reducido. (BALCELLS SENDRA, y otros, 2000). En la actualidad los Sistemas Automáticos se caracterizan por su robustez y grandes prestaciones que ofrecen.

Hoy en día, la repotenciación de los sistemas electromecánicos a sistemas de control sigue siendo una de las opciones favoritas para construir sistemas automáticos en control de procesos. Sin lugar a duda, más sistemas están, aprovechando la tecnología de los controladores lógicos programables, para aplicaciones en las cuales el tiempo de prueba es primordial, los mismos ofrecen el rendimiento imprescindible que se requiere para los sistemas automatizados actuales.

2.3.1 *Sistema automático*

La Real academia de las Ciencias Físicas y Exactas, define la automática como: el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición se desprende la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales. (GRANOLLERS, 2010)

Un sistema automático es aquel que permite desarrollar una o varias acciones sin intervención humana directamente en el proceso, la persona únicamente se encarga de

definir las actividades a desarrollar, la salida deseada, y el sistema deberá actuar de tal forma que toda la planta pueda alcanzar el estado deseado definido por el usuario. (ROLDÁN VILORIA, 2011 pág. 12)

La automatización industrial es aquella disciplina que agrupa a diferentes ramas de la ingeniería: electricidad, mecánica, electrónica, comunicaciones, etc. Con el objetivo de crear sistemas independientes o no entre sí, capaces de ejecutar acciones establecidas previamente en el espacio para eliminar el elemento humano directamente en el proceso.

2.3.1.1 Pirámide de la automatización

La pirámide de la Automatización mostrada en la (Figura 1-2) es una representación de cómo varias ramas de la ingeniería como: la mecánica, electricidad, electrónica, comunicaciones e informática, se integran con un mismo propósito.



Figura 1-2. Pirámide de la Automatización

Fuente: (CCI, 2017)

Nivel 0 de Campo (Red de campo): en este nivel se encuentran todos los dispositivos de entrada y salida de los sistemas, los mismos que incluye los dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores, sensores, controladores y transductores.

Nivel 1 de Control (Red de control): en este nivel se encuentran todos los elementos de control como PLC, PAC, DCS, FPGA, RTU los mismos que permiten ejecutar un

control automático centralizado, gracias a sus diversos tipos de buses que satisfacen el requerimiento del programador.

Nivel 2 de Supervisión (Red de supervisión): en este nivel es posible visualizar como se están llevando a cabo los procesos de planta a través de entornos SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos), es decir una “imagen virtual de la planta”.

Nivel 3 de planificación (Red de operaciones): aquí se encuentran los sistemas de ejecución de la producción con sus siglas en inglés MES (Manufacturing Execution System), estos sistemas nos permiten controlar y monitorizar los procesos de trabajo en una planta para mejorar la productividad de la misma.

Nivel 4 de gestión (Red de información): este nivel es el encargado del control de la planta en su totalidad dando lugar al desarrollo de distintas actividades necesarias en una organización industrial, además es posible enlazarse con sistemas de monitoreo y control de otras plantas.

2.3.1.2 Elementos de un sistema de Control Automático.

Se manifiesta que el controlador es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. El mismo que tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia. (RABUÑAL DOPICO, y otros, 2006).

Del actuador podemos decir que es un equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control. Se lo puede definir como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido.

2.4 Formas de realizar el control de un proceso

Un sistema de control se lo puede representar gráficamente por un diagrama de bloques, tales diagramas de bloques indican la interrelación existente entre los distintos componentes del sistema como podemos observar en la figura 2-2.

En un diagrama de bloques, todas las variables del sistema se enlazan entre sí, por medio de bloques funcionales. El bloque funcional, o simplemente bloque, es un símbolo de la operación matemática que el sistema produce a la salida sobre la señal de entrada. Una flecha hacia adentro del bloque indica la entrada y la que se aleja del bloque indica la salida. Debe notarse que la magnitud de la señal de salida del bloque será la señal de entrada multiplicada por la función de transferencia del bloque.

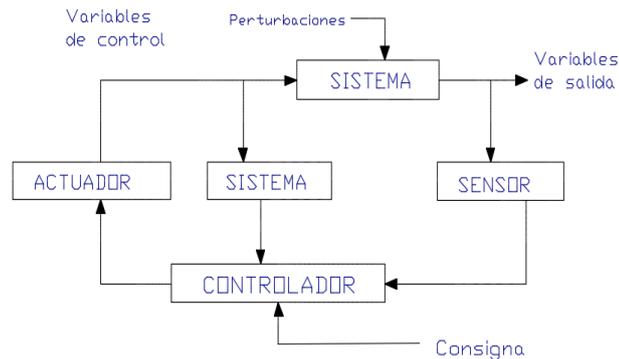


Figura 2-2. Sistema de Control

Fuente: (AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL)

Existen dos formas básicas de realizar el control de un proceso industrial.

2.4.1 Control de lazo abierto.

El control de lazo abierto se lo puede identificar porque no tiene un elemento de medición en la salida del proceso. Entonces este no puede determinar si llegó al set-point que se requiere, porque este no tiene realimentación.

Ejemplos: hornos de microondas, dosificadores, lavadoras, tostadoras, etc.

2.4.2 Control de lazo cerrado.

Al control de lazo cerrado es posible identificarlo, porque presenta un elemento de medición a la salida del proceso, el mismo que constantemente está observando la variable del proceso, indicándole al controlador, las variaciones que está obteniendo, a su vez enviará la salida necesaria al elemento final, llevando el proceso a los valores requeridos, este punto lo conocemos como set-point o punto de ajuste.

2.5 Control Lógico Programable (PLC)

El controlador lógico programable más conocido como PLC, es una memoria de control, aplicada en el manejo de entradas y salidas. Su programación es básica y se basa en diagramas de contactores, de modo similar a los circuitos electromecánicos o bien en el álgebra booleana. (HERNÁNDEZ, 2017). Un PLC se caracteriza básicamente por ser controlador, lógico y programable.

Controlador: La característica que presenta el controlador, permite controlar un sistema, a través del empleo de entradas (I) y salidas (Q) como podemos observar en la Figura 3-2, Por medio de estos elementos se logran mantener una interconexión entre los elementos primarios de entrada y los finales de salida, de control.

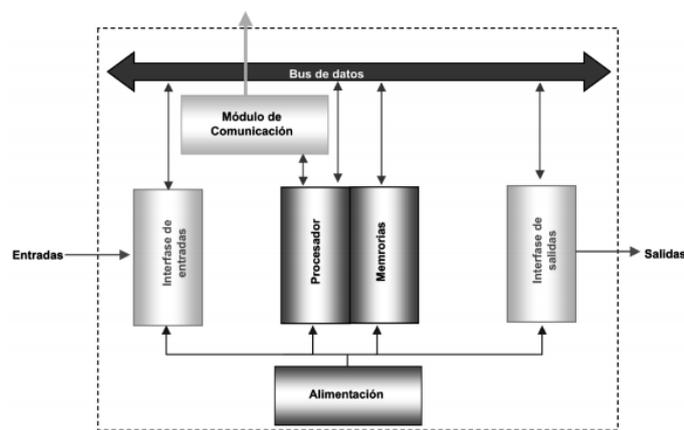


Figura 3-2. Estructura Básica del PLC.

Fuente: (PLC, 2016)

Lógico: Utiliza la lógica para poder realizar una serie de indicaciones programadas, no se limita al manejo de cierto número de instrucciones, si no que por el contrario hace uso de un sin número de actividades programadas.

Programable: Se pueden almacenar varios programas en la memoria y a su vez, se puede reprogramar por el usuario de acuerdo a las exigencias que surgen debido a la presencia de necesidades porque cuenta con una amplia capacidad de memoria.

2.5.1 Características principales del SIMATIC S7-1200.

Dentro de las principales características del Simatic S7-1200. Existen tres tipos de módulos de ampliación:

- Signal Board (SB).
- Módulos de señales (SM).
- Módulos de comunicación (CM).

Signal Board (SB).- Un Signal Board, como se muestra en la figura 4-2, puede acoplarse directamente a un CPU. De este modo puede adaptarse individualmente a los CPU, añadiendo, E/S digitales o analógicas sin tener que aumentar físicamente el tamaño del controlador. El diseño modular de SIMATIC S7-1200 garantiza que siempre se podrá modificar el controlador para adaptarlo perfectamente a cualquier necesidad.



Figura 4-2. Signal Board

Fuente: (SIEMENS A&D FEA, 2011)

La SB 1232 AO - 6ES7232-4HA30-0XB0 presenta las siguientes características: Cantidad de entradas analógicas 0; Cantidad de salidas analógicas 1; Rangos de salida de voltaje (-10 V a +10 V); Rangos de corriente a la salida, actuales (0 a 20 mA).

Módulos de señales(SM). La mayor capacidad de los CPU, admiten la conexión de módulos de señales, como se muestra en la figura 5-2, ampliando así las posibilidades de utilizar, E/S digitales o analógicas adicionales. Al CPU 1212C pueden añadirse dos módulos de señales y, a la CPU 1214C, ocho.



Figura 5-2 Módulos de Señales

Fuente: (SIEMENS)

Módulos de comunicación. - Todas las CPU SIMATIC S7-1200 pueden ampliarse hasta con tres módulos de comunicación. Los RS422/485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres. Las funciones de librerías para protocolos USS Drive y protocolos maestro-esclavo Modbus RTU ya están incluidas en el novedoso sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic. Podemos observar Figura 6-2.



Figura 6-2. Módulos de Comunicación

Fuente: (SIEMENS)

2.5.2 Tipos de PLC.

Debido a la gran variedad de PLC, se los puede clasificar en varias categorías como en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico entre otros.

- PLC de tipo Nano. - Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/Q integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/Q, generalmente en un

número inferior a 100. Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

- PLC de tipo Compacto. - Estos PLC tienen incorporado la fuente de alimentación, su CPU y módulos de I/Q, en un solo módulo principal, permiten manejar desde unas pocas I/Q hasta varios cientos (alrededor de 500 I/Q), su tamaño es superior a los nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:
 - Entradas y salidas análogas
 - Módulos contadores rápidos
 - Módulos de comunicaciones
 - Interfaces de operador
 - Expansiones de I/Q

- PLC de tipo Modular. - Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:
 - Rack / bastidor donde se alojan las tarjetas en forma ordenada
 - Fuente de alimentación.
 - CPU.
 - Módulos de I/Q.

2.5.3 Partes de un PLC

Controlador lógico programable PLC S7-1200.

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 es un micro controlador modular de la familia de los autómatas SIMATIC S7, este dispositivo, nuevo en el mercado es un potente controlador, gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200, es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones y de dispositivos para las distintas necesidades de automatización.

El CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta

velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el programa en el CPU, este controla las entradas y cambia el estado de las salidas, según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, contadores, temporizadores y operaciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes como una pantalla táctil.

2.5.3.1 Módulo central de proceso CPU

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del autómatas programable, encargado de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente se encarga de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema).

2.5.3.2 Función de un CPU

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario, no excede en un determinado tiempo máximo, (tiempo de ciclo máximo). A esta función suele denominarse Watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas, en función de la imagen de las, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

2.5.3.3 Tipos de Memoria del CPU

Vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario. Se introducirá el programa, que el autómatas va a ejecutar progresivamente.

- Memoria de la tabla de datos. Suele subdividirse en zonas según el tipo de datos como: marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.
- Memoria del sistema. Aquí se encuentra el programa en código máquina, que monitorea el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómata.
- Memoria de almacenamiento. Es la memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómata divide su memoria de esta forma genérica, como podemos observar en la figura 7-2, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante. (CANTO Q, 2015)

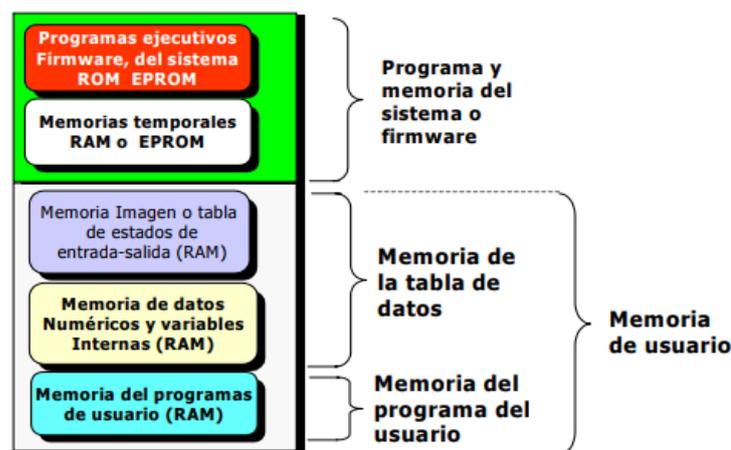


Figura 7-2. Memorias de un PLC

Fuente: (CANTO Q, 2015)

2.5.3.4 Sistema de BUS.

El sistema de bus es una canalización para transferir las señales. Este permite el intercambio de señales en dispositivos de la automatización entre el procesador y los módulos de entradas / salidas a través de un proceso en el sistema de bus. (SIEMENS A&D FEA, 2011). El bus contiene tres direcciones paralelas de señales como se observa en la figura 8-2, a continuación indicaremos cada una de estas direcciones:

- Con el bus de direccionamiento.- se controlan las direcciones en cada módulo.
- Sobre el bus de control.- se transmiten las señales para el control y vigilancia de las funciones dentro de los dispositivos de la automatización.
- Con el bus de datos.- se transfieren datos del módulo de entrada al de salida.

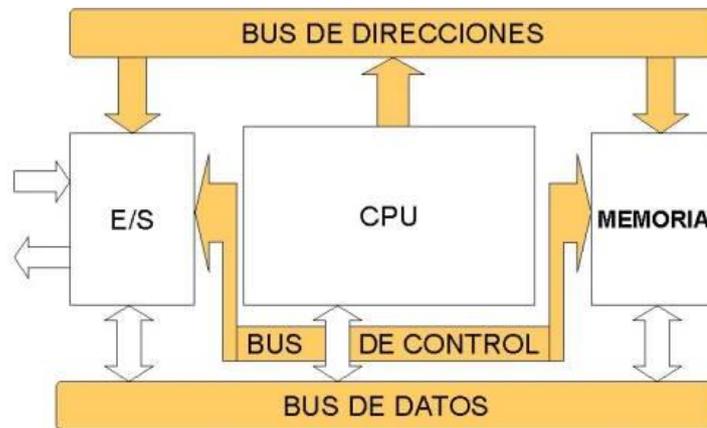


Figura 8-2. Sistema de Bus

Fuente: (SISTEMA, 2008)

Interfaces de entradas y salidas.

Sección de entradas (I): son varias líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.

Sección de salidas (Q): son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.

2.5.4 Lenguaje de programación de un PLC en Siemens

Los lenguajes de programación son necesarios para la comunicación, entre el programador u operario de la máquina o proceso donde se encuentre el PLC. La interacción que tiene el usuario con el PLC la puede realizar por medio de la utilización de un cargador de programa (Loader Program), también reconocida como consola de programación o por medio de un PC (Computador Personal). (SENA, 2005 pág. 3)

Dentro de los lenguajes de programación más utilizados en los controladores de la marca SIEMENS podemos encontrar los siguientes:

2.5.4.1 Lenguaje de programación FUP (Funktionsplan)

Este lenguaje se denomina **diagrama de funciones**, como podemos observar en la figura 9-2. Está íntimamente ligada con la lógica booleana, ya que todas las funciones se representan por medio de funciones lógicas tales como: OR, AND, NOT, XOR, NAND, NOR, etc. Además, incluye funciones matemáticas más complejas en forma de bloques.

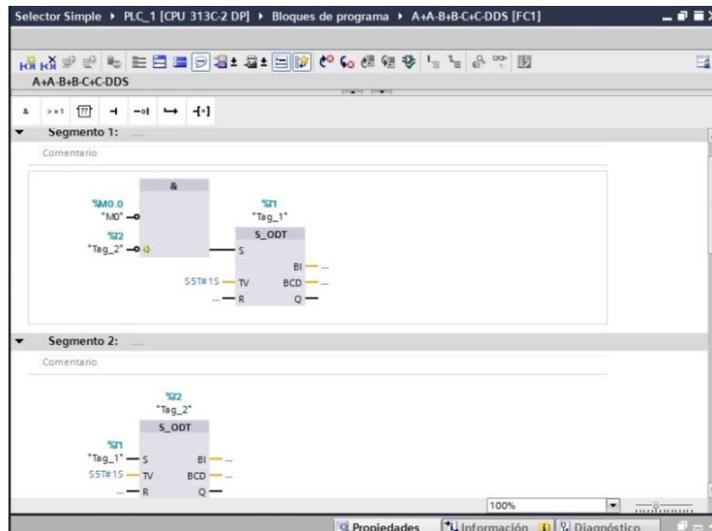


Figura 9-2 Diagrama de Funciones

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

Las principales instrucciones que podemos encontrar al programar en este lenguaje son:

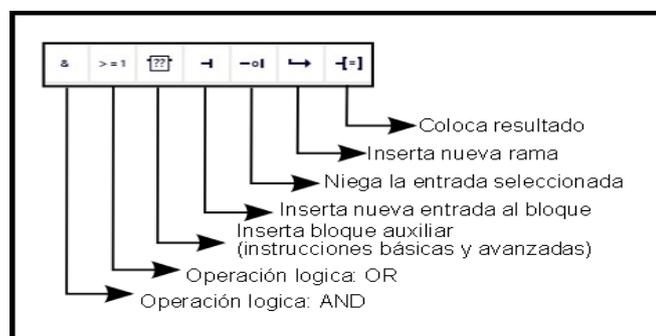


Figura 10-2. Instrucciones con FUP

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

2.5.4.2 Lenguaje de programación KOP (Kontaktplan)

También conocido como *diagrama de contactos o de escalera*, como podemos observar en la figura 11-2, a diferencia del FUP, este lenguaje hace uso de la lógica booleana, por medio de contactos eléctricos en serie y en paralelo. Actualmente es el lenguaje más ocupado en la programación de PLC's, ya que es muy fácil de entender, para personas familiarizadas a diagramas eléctricos.

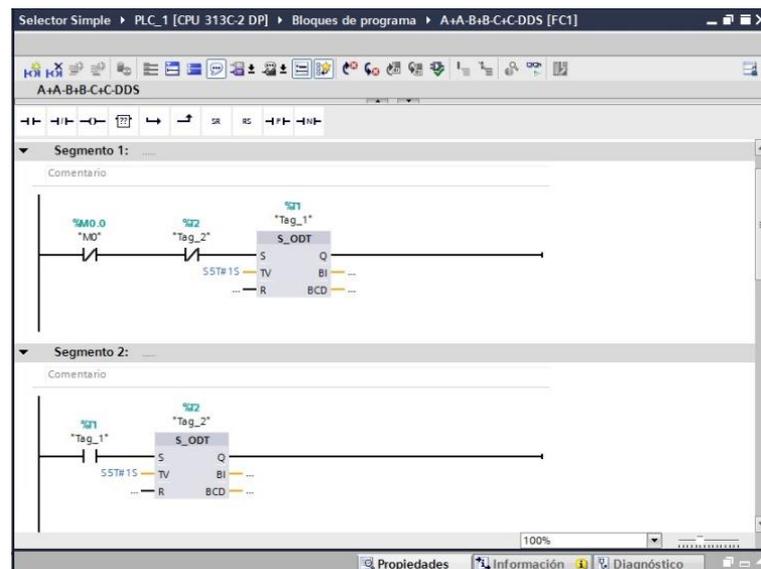


Figura 11-2.. Diagrama de Contactos o de Escalera

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

Las principales instrucciones que podemos encontrar al programar en este lenguaje son:

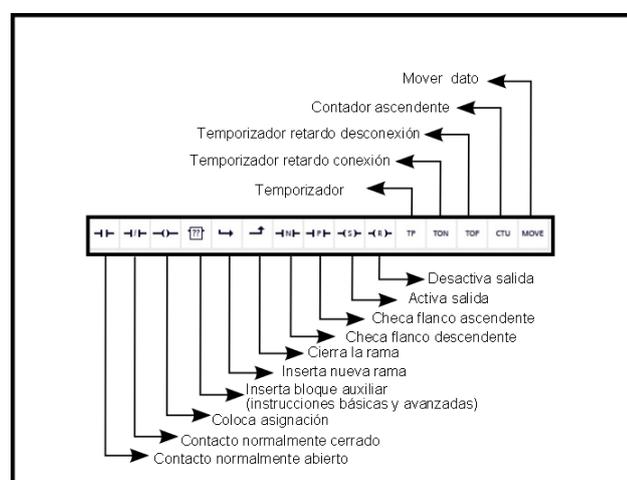


Figura 12-2. Instrucciones con KOP

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

2.5.4.3 Lenguaje de programación AWL (Anweisungsliste)

Denominado como *listas de instrucciones*, figura 13-2. Este lenguaje se parece mucho a la programación utilizada en Ensamblador, ya que busca dar instrucciones, en un nivel muy bajo de programación, para que el controlador no pierda mucho tiempo en traducir la información. La gran desventaja que existe con este lenguaje es el tamaño del código que se hace más grande, mientras más complejo se hace el proceso.

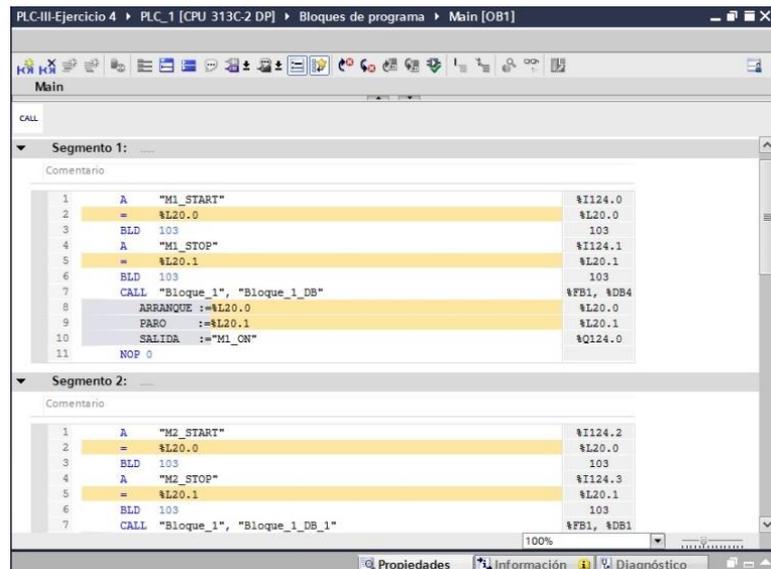


Figura 13-2. Lista de Instrucciones

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

Las principales instrucciones que podemos encontrar al programar en este lenguaje son:

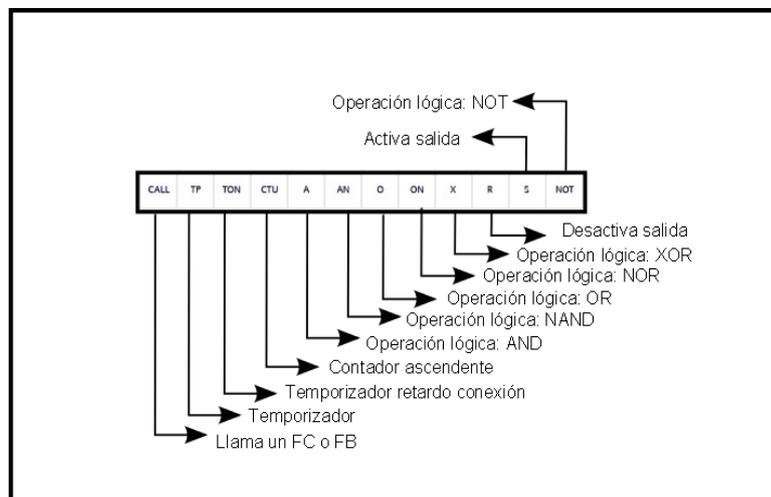
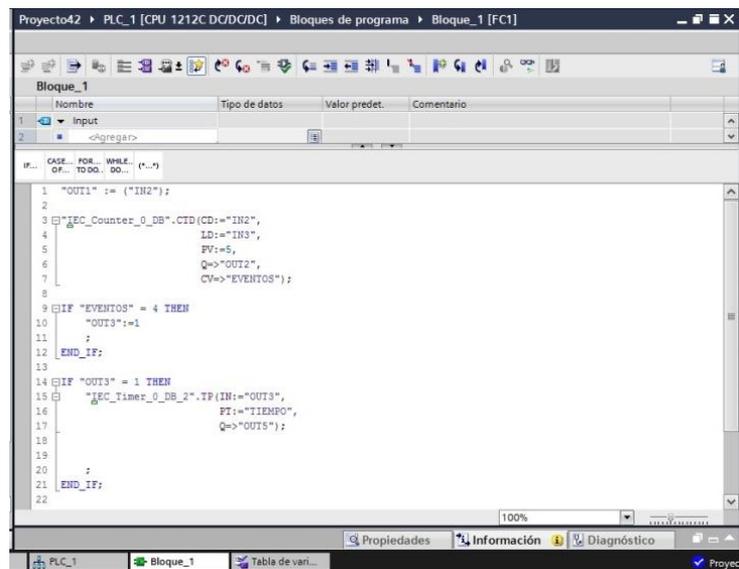


Figura 14-2. Instrucciones con AWL

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

2.5.4.4 Lenguaje de programación S7 – SCL (Structured Control Language)

A raíz de la complejidad de lectura y depuración de los programas realizados en AWL, Siemens proporciona un lenguaje extra que se parece mucho a PASCAL, un lenguaje de alto nivel, Figura 15-2, que proporciona sentencias de bucles y condiciones. Se considera de mucha utilidad, cuando se busca implementar programas con cálculo de fórmulas, algoritmos de optimización robustos y cuando se tenga que analizar mucha información.



```
1 "OUT1" := ("IN2");
2
3 #SEC_Counter_0_DB".CTD(CD:="IN2",
4 ID:="IN3",
5 FV:=S,
6 Q=>"OUT2",
7 CV=>"EVENTOS");
8
9 IF "EVENTOS" = 4 THEN
10 "OUT3":=1
11 ;
12 END_IF;
13
14 IF "OUT3" = 1 THEN
15 #SEC_Timer_0_DB_2".TP(IN:="OUT3",
16 FI:="TIEMPO",
17 Q=>"OUT5");
18
19 ;
20
21 END_IF;
22
```

Figura 15-2. Lenguaje de Control Estructurado

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

Las principales instrucciones que podemos encontrar al programar en este lenguaje son:

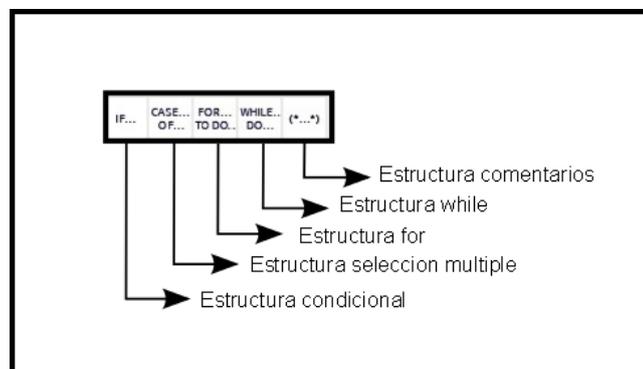


Figura 16-2. Instrucciones SCL

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

2.5.4.5 Lenguaje de programación S7 – GRAPH

Este lenguaje se desempeña como un *híbrido entre los lenguajes de KOP y AWL*, como podemos observar en la figura 17-2. La función principal de este lenguaje es la creación de cadena de etapas; es decir, pequeños bloques de código que representan funciones específicas del proceso. El contenido de las etapas se define como un lenguaje de programación especial (similar a AWL), en tanto que las condiciones de transición se introducen en una representación del esquema de contactos (parte del lenguaje de programación KOP). El S7-GRAPH permite representar también procesos complejos de forma muy clara, permitiendo así una programación y una búsqueda de errores efectivas.

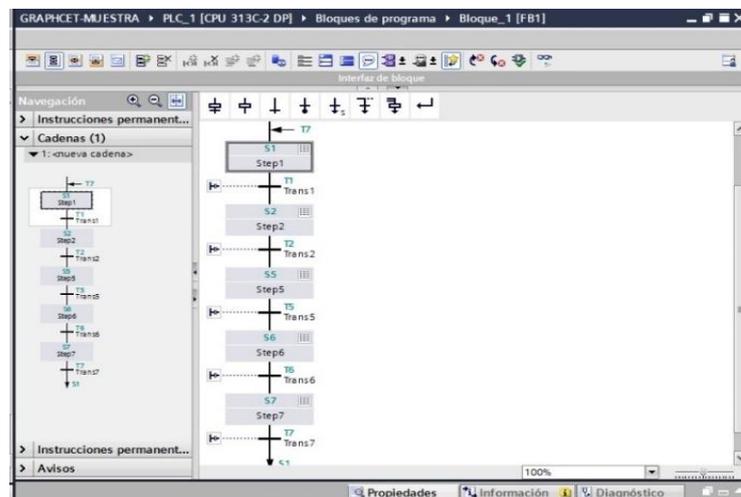


Figura 17-2 Lenguaje S7- Graph

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

Las principales instrucciones que podemos encontrar al programar en este lenguaje son:

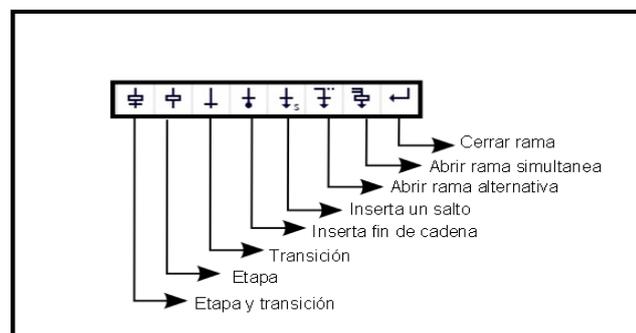


Figura 18-2 Instrucciones con S7- Graph

Fuente: (AUTRACEN, 2017)

2.5.5 Comunicación del PLC S7 – 1200

El nuevo SIMATIC S7-1200, dispone de una interfaz PROFINET integrada, que garantiza una comunicación perfecta con el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic integrado. Esta interfaz permite la programación y la comunicación con los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels, para la visualización, con controladores adicionales para la comunicación de CPU a CPU y con equipos de otros fabricantes para ampliar las posibilidades de integración.

Hay dos formas de comunicación vía PROFINET, conexión directa y a la red, como muestra la figura 19-2.

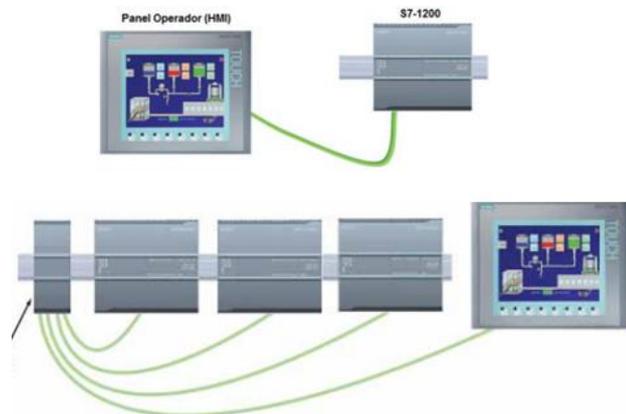


Figura 19-2. Conexión a la Red y Conexión Directa.

Fuente: (SIEMENS AG, 2017)

- Conexión directa: la comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.
- Conexión de red: la comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens).

2.5.6 Fuente de alimentación.

La fuente de alimentación genera la tensión para los módulos eléctricos de los dispositivos de automatización. El PLC interiormente trabaja con señales de baja tensión (5Vdc), mientras que su alimentación es de 24Vdc, 110Vac, 220Vac o 380Vac generalmente, las fuentes de alimentación pueden ser parte del equipo o pueden ser un

módulo, que se lo puede adicionar. Habitualmente se utiliza una fuente de 12 o 24 Vdc para la alimentación de módulos auxiliares de entradas o salidas, sean estas digitales o analógicas, dependiendo del uso que le de el programador y también de acuerdo a la necesidad del equipo en cuestión o máquina que se este programando.

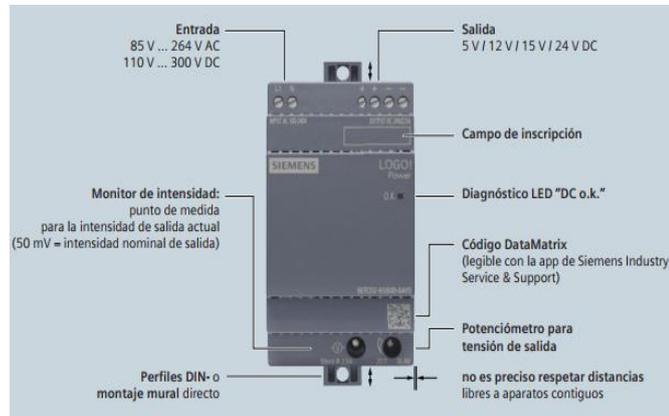


Figura 20-2.Fuente de Poder Logo Power

Fuente: (SIEMENS AG, 2017)

2.6 Pantalla Táctil

Una pantalla táctil es un dispositivo que, mediante un contacto directo sobre su superficie, permite la entrada de datos y órdenes al controlador del mismo. Este contacto también puede ser realizado con un lápiz u otros punteros similares. A su vez, actúa como periférico de salida, mostrando la información de proceso, datos e imágenes que se requiera en el mismo.

2.6.1 Clasificación de las pantallas táctiles.

Los paneles táctiles existentes en el mercado están basados en las siguientes tecnologías:

- Tecnología de pantalla resistiva
- Tecnología de pantalla infrarroja
- Tecnología de pantalla capacitiva
- Tecnología de superficie de onda acústica

Mencionaremos a la tecnología de pantalla capacitiva.- la pantalla capacitiva necesita ser manejada **mediante el dedo** o un objeto que disponga de capacitancia. Pudiendo

detectar varias pulsaciones simultáneas, lo que permite diversas formas de actuar con ellas, aumentando su capacidad para ser controladas.

2.6.2 Paneles SIMATIC

La utilización de la interfaz entre el hombre y la máquina (HMI) agrupa la automatización con los requerimientos del operador principalmente se da en diferentes instalaciones en donde es necesario controlar y observar el proceso, manteniendo en excelentes condiciones de funcionamiento las máquinas e instalaciones, lo que significa más disponibilidad y productividad. Entonces se dice que es necesario revisar procesos en el sitio, señalización, procesos de fabricación industrial de cualquier tipo, control de instalaciones, etc.

2.7 Sistema Eléctrico y Electrónico

2.7.1 Sensor

Es un componente electrónico que permite detectar y medir una variable externa, por medio de un voltaje o corriente enviarla a un equipo de control, para su posterior análisis. El sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con el fin de adaptar la señal que mide para que pueda ser interpretada por otro dispositivo. (HONEYWELL)

En un sistema de control automático, el sensor es el elemento que cierra el lazo de control y tiene como tarea captar del proceso o máquina sobre la que se ejerce el control, la información de cómo se está comportando o realizando el trabajo

En la industria, los sensores son dispositivos encargados de percibir las variables físicas, tales como: presión, temperatura, pH, nivel, flujo entre otras, controladas por un sistema que sigue una serie de instrucciones para verificar, si el proceso está o no está funcionando de acuerdo a lo programado. Estos dispositivos se pueden llamar elementos primarios, ya que se encargan de registrar el valor de una variable dependiendo de lo que se esté controlando.

2.7.1.1 Características de un sensor

Convierte una variable física (temperatura, distancia, presión, torque) en otra variable diferente, generalmente en una señal eléctrica.

- Son codificadores o Encoders, efectores, convertidores, detectores, transductores e iniciadores.
- Funcionan con contacto físico y sin contacto físico. Ejemplos, finales de carrera, sensores de fuerza(contacto físico), barreras fotoeléctricas, barreras de aire, detectores de infrarrojos, sensores de reflexión ultrasónicos, sensores magnéticos(sin contacto físico).
- En procesos controlados, son “preceptores” que supervisan un proceso, indicando los errores, recogiendo los estados y transmitiendo esta información a los demás componentes del proceso.

2.7.2 Sensor incremental

En un codificador de posición incremental, como muestra la figura 21-2, existe un disco con poca inercia, que se desplaza solidario hacia la pieza cuya posición se desea determinar, como el eje de un motor. El disco posee dos tipos de zonas: transparente (agujeros) y opaca, dispuestas de forma alternativa y equidistante, (ADQUISICIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO).

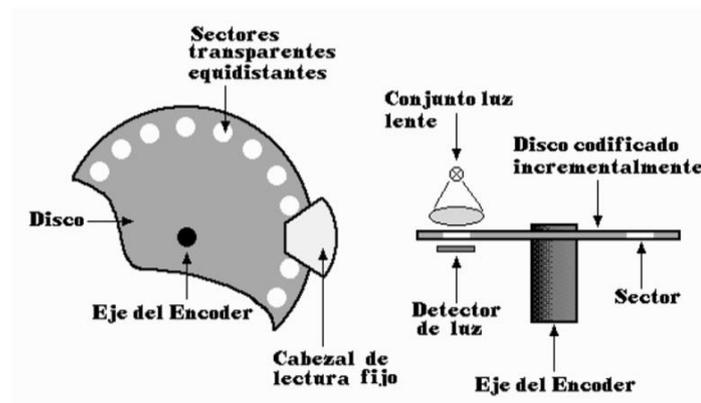


Figura 21-2. Encoders Incrementales.

Fuente: (AUTOMÁTICO)

Mediante un cabezal de lectura fijo óptico se detecta el cambio de posición angular, la simplicidad y economía de esta técnica no admiten duda, pero tiene una serie de inconvenientes que conviene señalar:

- La información sobre la posición se pierde en cuanto falla la alimentación del sistema, o simplemente cuando se desconecta, y en presencia de fuertes interferencias.
- Es necesario un contador bidireccional para poder tener una salida digital compatible con los elementos de entrada-salida de un ordenador.
- No permite detectar el sentido de avance si no se dispone de elementos adicionales a los indicados en la figura anterior.

2.7.2.1 *Placa amplificadora de señal Encoder*

Esta placa como se muestra en la figura 22-2, nos permite amplificar la señal de 5V que es el voltaje con que trabaja el sensor incremental a 24V, para poder proporcionar la señal al Plc, debido que este solo recibe señales de 24V y su entrada analógica que recibe 10 V.

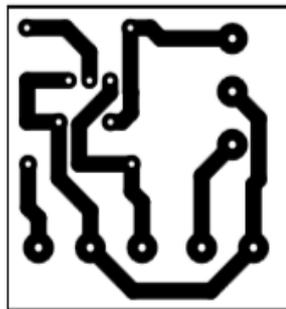


Figura 22-2. Placa Amplificadora de Señal

Fuente: (BANGGOOD)

2.7.3 *Sensor Celda de Carga*

Sensor de par de reacción con brida de la serie 2110, de 2,000 lb-in a 2.400,000 lb-in, 0.1% no lineal e histéresis, alta rigidez torsional, mayor resistencia a los momentos de flexión. El sensor de par de reacción de brida modelo 2110-2116, figura 23-2, está

diseñado para la instalación entre piezas de prueba tales como motores, interruptores, ejes y su placa de montaje.

Estos modelos funcionan y están calibrados en ambas direcciones. La construcción de acero aleado niquelado mejora la durabilidad en entornos industriales duros. Estos modelos no tienen partes móviles y utilizan cuatro medidores de deformación adheridos en una porción mecanizada especial del transductor para lograr una no linealidad máxima de 0.1% en un amplio rango dinámico. Las aplicaciones típicas incluyen el frenado de neumáticos, dinamómetros de motor, pruebas de fricción y derrape, medición de torsión. (HONEYWELL INTERNATIONAL, 2009)



Figura 23-2. Sensor de Torque

Fuente: (HONEYWELL INTERNATIONAL, 2009)

2.7.3.1 Características del sensor celda de carga

- Capacidades de 2000 lb- in a 2400000 lb- in.
- 0,1% de no linealidad e histéresis
- Alta rigidez torsional
- Mayor resistencia a los momentos de flexión
- Sensibilidad de gama baja debido a la ausencia de partes móviles

2.7.4 Motor Eléctrico Shunt

El motor de derivación es diferente del motor de serie, porque el devanado de campo está conectado en paralelo con la armadura en serie. Debería recordar de la teoría eléctrica básica que un circuito paralelo a menudo se denomina derivación.

Desde el devanado de campo se coloca en paralelo con la armadura, se denomina devanado de derivación y el motor se denomina motor de derivación la Figura 24-2, muestra un diagrama de un motor de derivación. Observe que los terminales de campo están marcados como F1 y F2 y las terminales de la armadura están marcados A1 y A2. Debería notar en este diagrama que el campo de derivación se representa con múltiples giros usando una delgada línea. (KISSELL, 2004)

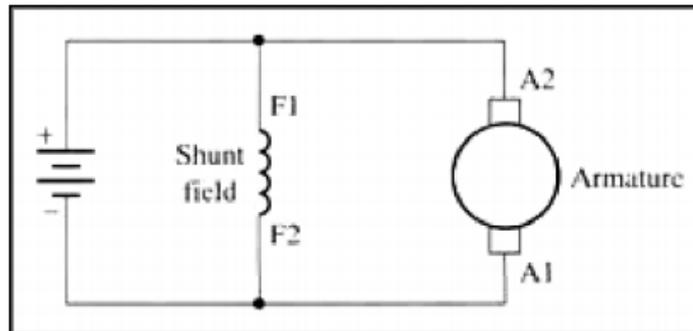


Figura 24-2. Motor de Derivación

Fuente: (KISSELL, 2004)

2.7.4.1 Características del motor Shunt

Un motor de derivación tiene características de operación ligeramente diferentes que un motor en serie, puesto que la bobina de campo de derivación está elaborada de un cable fino, no puede producir la gran corriente, para comenzar como el campo en serie. Esto significa que el motor de derivación tiene bajo par de arranque, que requiere que la carga del eje sea bastante pequeña. (KISSELL, 2004)

Cuando se aplica voltaje al motor, la resistencia alta de la bobina de derivación mantiene el flujo de corriente general bajo. La armadura para el motor de derivación es similar al motor de serie y extraerá corriente para producir un campo magnético lo suficientemente fuerte como para causar el eje de la armadura y la carga para comenzar a girar.

2.7.4.2 Torque del motor Shunt

El torque de la armadura aumenta a medida que el motor gana velocidad debido, al hecho de que el torque del motor shunt es directamente proporcional a la corriente de armadura, cuando el motor está arrancando y la velocidad es muy baja, el motor tiene

muy poco par. Después el motor alcanza la velocidad máxima, su torque está en su máximo potencial, si la corriente del campo de derivación se reduce ligeramente cuando el motor está a velocidad máxima, las rpm aumentarán ligeramente y el par del motor también aumentará levemente. Este tipo de control automático hace que el motor de derivación sea una buena opción para aplicaciones donde se requiere velocidad constante, aunque el par varían levemente debido a cambios en la carga.

Tabla 1-2. Datos de Placa del Motor Shunt

BOSTON GEAR DIVISION ROCKERWELL INTERNATIONAL			
Part	8-212046-02		
Type	DN	Hp	3/4
Volts Arm Line	90	Volts field	100/50
Amps Arm line	7.65	Amps field	
Time	Cont	Winding	Shunt
Form	MJC	RPM	1750

Realizado por: Carolina Pillajo
Fuente: Autor

2.7.5 Accionamientos electrónicos

Las salidas digitales de un PLC no se conectan directamente al circuito de potencia, es necesaria una etapa intermedia para su accionamiento, para esto se emplean mandos como relés y contactores. Los relés y contactores son interruptores electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia, al excitar un electroimán o bobina de mando; la diferencia entre ambos, radica en la potencia que cada uno es capaz de manejar. Los relés están destinados para seccionar pequeñas potencias, por lo general menor a 1kW, y por otra parte, los contactores pueden accionar grandes potencias, centenares de kilovatios. (BALCELLS SENDRA, y otros, 2000).

Algunas características comunes a los contactores y relés se mencionan a continuación: tensión de mando, es el voltaje alterno o continuo necesario para alimentar a la bobina de mando, potencia de mando, consumida por la bobina, tensión de aislamiento, que representa el voltaje máximo que pueden soportar los contactos en circuito abierto, tensión y corriente de empleo, son los valores máximos en circuito cerrado que el dispositivo sin que se superen los límites de calentamiento.

2.7.5.1 Relé

El relé es un interruptor automático controlado por la electricidad, permitiendo abrir o cerrar circuitos eléctricos sin la intervención humana. (ROBLES). Un relé aísla el circuito de mando, con niveles de tensión y corriente bajos, del de potencia, con mayores niveles de corriente y voltaje, o de otro tipo; por ejemplo, en los módulos de salida de los PLCs se incluyen salidas de relé que separan el circuito electrónico de su utilización. Dentro de un automatismo, los relés generalmente se ubican en una etapa previa a la de activación de los actuadores, debido a que únicamente poseen contactos auxiliares; es así que se emplean para alimentar las bobinas de contactores, electroválvulas; también se utilizan para accionar elementos de señalización como focos, zumbadores o balizas.

La diferencia entre relé y contactor es la cantidad de potencia que manejan.

- Relé: potencias pequeñas (menos de 1kw).
- Contactor: potencias grandes (centenares de Kw).

Estructura y funcionamiento

Al ser energizada la bobina del relé, un arrollamiento de alambre de cobre esmaltado ubicado dentro de un núcleo de hierro, se genera un campo magnético que hace que la armadura sea atraída por el núcleo y gire, figura 25-2, como consecuencia se produce el cambio de estado de los contactos.

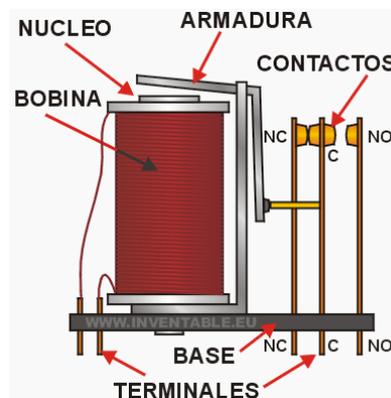


Figura 25-2. Diagrama de Conexión de un Relé.

Fuente: (RAPETTI, 2013)

Otros elementos que forman parte de un relé son: el pivote, es el eje sobre el que gira la armadura, el resorte, que se encarga de regresar a los contactos a su posición inicial luego de que la bobina se desenergiza, y la culata, que sirve de soporte para toda la estructura. La base con los terminales de conexión está separada de relé para una fácil sustitución en caso de algún desperfecto, se tienen bases normalizadas de pines redondos y planos.

2.7.6 Elementos de Protección, Mando y Señalización

2.7.6.1 Interruptor termo magnético

El interruptor termo magnético, como observamos en la figura 26-2, es un dispositivo de protección que permite el paso de corriente eléctrica o lo cierra en un circuito, está equipado con un disparador térmico que actúa durante la aparición de sobre corrientes bajas (sobrecargas) y de un disparador magnético, para las sobre corrientes elevadas (cortocircuitos). De aquí, proviene el nombre de "interruptor automático termo magnético". (ALVARADO, 2011)

Debido al efecto Joule, al circular una corriente a través de la lámina bimetálica, ésta se va calentando, si dicha intensidad llega a un valor un poco mayor al nominal, la lámina se deforma como producto del calor, ocasionando la apertura del contacto de protección térmica. Los dos contactos mencionados se conectan en serie, provocando la apertura de todo el circuito de carga en cualquiera de los dos casos.

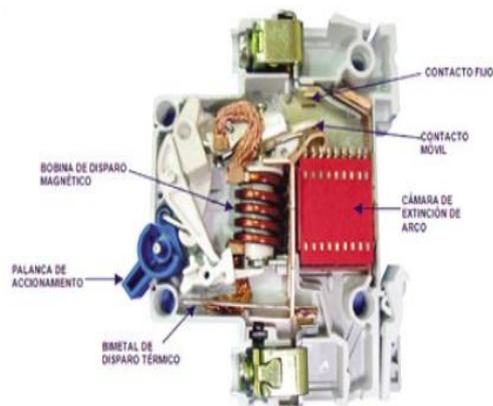


Figura 26-2. Interruptor Termo Magnético

Fuente: (ALVARADO, 2011)

2.7.6.2 Pulsador

Un pulsador es un operador eléctrico, al oprimirlo permite el paso de la corriente eléctrica y cuando se deja de oprimir, lo interrumpe. También existen pulsadores que normalmente tienen los contactos cerrados; es decir, la corriente estará circulando hasta que lo usemos. Al pulsar, el circuito se abre y deja de funcionar. Este tipo de pulsadores se utilizan normalmente para la parada de emergencia de máquinas o mecanismos. (DIGITAL, 2006)

Pulsador de paro.- los pulsadores de paro, al presionarlo indican la paralización inmediata del proceso, son de color rojo y cuentan con un contacto NC. Se caracterizan por tener una cabeza grande en forma de hongo.



Figura 27-2. Pulsador de Paro

Fuente: (ABB)

2.7.6.3 Piloto de señalización

La luz piloto es usada para poder visualizar la operación de la máquina, facilitándole al operador, como está el proceso y poder ejecutar las acciones necesarias. El color verde muestra que el trabajo es normal, mientras que el rojo representa emergencia y/o paro del proceso.



Figura 28-2. Luz Piloto

Fuente: (ABB)

2.8 Elementos Mecánicos

Dentro del sistema mecánico encontramos los siguientes elementos, que podemos observarlos con una fácil visualización.

- Riel guía. - el modelo de la máquina se basa en un banco y está equipada con barandillas de acero ranurado para trabajos pesados que normalmente están empotradas o aseguradas a una base de hormigón para garantizar la máxima rigidez y accesibilidad.
- Sección móvil. - está montada en un banco la cual se desliza a lo largo de estos rieles ranurados, permitiendo un posicionamiento rápido, en la que se encuentra montado el mandril de pesaje.
- Mandril de carga. - está ubicada en la sección fija, a través de la caja reductora de velocidad es aplicada la carga.
- Mandril de Pesaje. - aquí se encuentra ubicado el sensor de torque.
- Mordazas. - tenemos dos mordazas las cuales se encuentran distribuidas, una como fija y la otra móvil, es decir la que, rota, en esta se encuentra montado una rueda dentada, y el sensor incremental que determina el número de vueltas y grados que proporciona al momento de ser ensayada una probeta.
- Mordazas porta Probeta. - estas mordazas son las que permiten mantener fija a la probeta que será ensayada, cada mandril consta de tres mordazas.
- Hexagonal. - nos permite ajustar y desajustar las mordazas.

2.9 TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal)

TIA Portal integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá configurar tanto el control como la visualización en un sistema de ingeniería unitario. Los componentes de programación (STEP 7) y visualización (WinCC) no son programas independientes, sino editores de un sistema que accede a una base de datos común. Todos los datos se guardan en un archivo de proyecto común. Para todas las tareas se utiliza una interfaz de usuario común desde la que se accede en todo momento a todas las funciones de programación y visualización. (SIEMENS TIA PORTAL, 2009)

Una solución de automatización típica abarca:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso.

Como podemos observar en la figura 29-2, como se comunican entre el programa, hardware y el proceso.

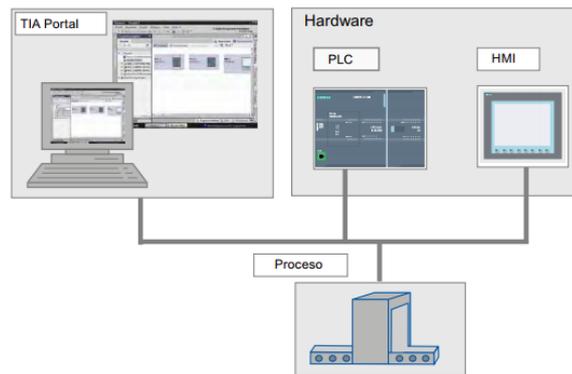


Figura 29-2. Interfaz de Comunicación PLC, HMI, PC

Fuente: (SIEMENS TIA PORTAL, 2009)

2.9.1 *Gestión de Datos*

Todos los datos se guardan en un proyecto del TIA Portal. Los cambios en los datos de aplicación, como, por ejemplo; las variables se actualizan automáticamente en todo el proyecto, abarcando incluso varios dispositivos. (SIEMENS TIA PORTAL, 2009)

- **Direccionamiento simbólico global**
Si se utiliza una variable de proceso en varios bloques de distintos controladores y en imágenes HMI, dicha variable puede crearse o modificarse desde cualquier punto del programa. No importan ni el bloque ni el dispositivo en el que se realice la modificación.

El TIA Portal ofrece las posibilidades siguientes para definir variables PLC:

- Definición en la tabla de variables PLC
- Definición en el editor de programas

- Definición mediante conexión con las entradas y salidas del controlador

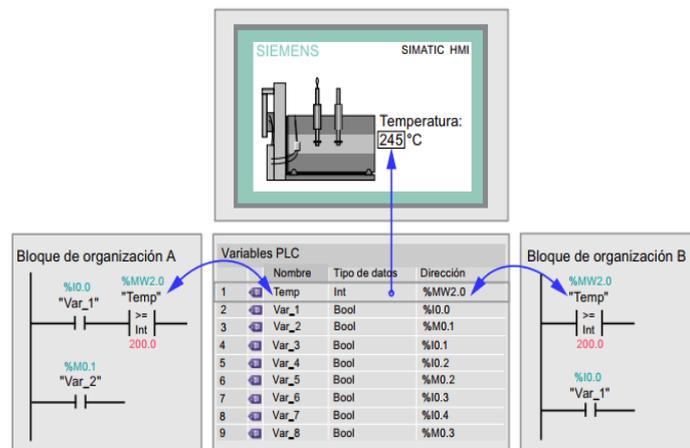


Figura 30-2. Asignación de Memorias

Fuente: (SIEMENS TIA PORTAL, 2009)

Todas las variables PLC definidas aparecen en la tabla de variables PLC, donde se pueden editar. Las modificaciones se realizan de forma centralizada y se actualizan continuamente. Gracias a la gestión de datos coherente, ya no es necesario que los diferentes participantes de un proyecto se sincronicen, por ejemplo, el programador y el diseñador HMI. (SIEMENS TIA PORTAL, 2009 pág. 11)

- Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

2.9.2 Tareas

El TIA Portal (SIEMENS TIA PORTAL, 2009), le ayuda a crear una solución de automatización. Los principales pasos de configuración son:

- Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

2.9.3 Ventajas

El software TIA Portal ofrece las siguientes ventajas:

- Gestión conjunta de los datos
- Manejo unitario de los programas, los datos de configuración y los datos de visualización
- Fácil edición mediante Drag & Drop (Arrastrar y soltar)
- Comodidad de carga de los datos en los dispositivos
- Manejo unitario
- Configuración y diagnóstico asistidos por gráficos

2.10 Normas para el ensayo de torsión.

El ensayo de torsión es un mecanismo en el que se deforma un material por la aplicación de un par torsor, alcanzando una deformación, este ensayo nos proporciona las propiedades del material. Como podemos observar en la figura 31-2.

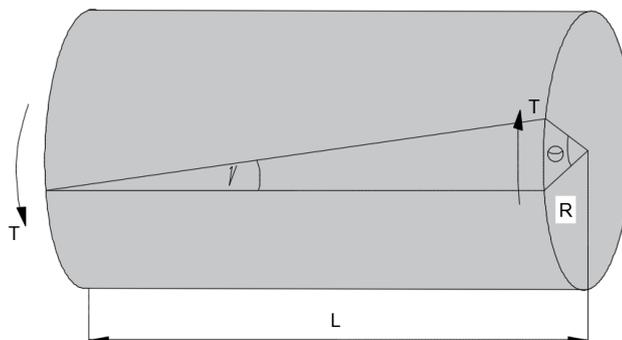


Figura 31-2. Probeta sometida a Torque

Fuente: Autor

Dentro de las normas establecidas para este tipo de ensaño encontramos la siguientes.

- **ASTM A938**

Normativa utilizada para el ensayo de torsión simple de elementos cilíndricos en especial alambres. Esta normativa centra el ensayo en la torsión a lo largo del eje longitudinal hasta que se presente una falla. A partir de la falla se considera el número de revoluciones dadas antes de la misma, así como el torque al cual se sometió el elemento para la posterior creación de la gráfica torque vs revoluciones que permite la determinación del punto de falla y el perfil del mismo.

- **ISO 18338**

- Normativa que especifica, el método a aplicar para el ensayo de torsión de materiales metálicos a temperatura ambiente. Se basa en el ensayo a temperatura ambiente para garantizar que la temperatura no sea un elemento influyente en los resultados o que esta altere las propiedades mecánicas del material manteniendo así un rango de valores más o menos constante después de varias pruebas

- **ASTM E143-02**

Este ensayo cubre la determinación del módulo de corte para materiales estructurales, esta normativa es aplicable para diferentes diámetros de elementos cilíndricos y considera diferentes variables tales como: temperatura y material. La información obtenida por la aplicación del ensayo descrito permite la realización de las diferentes gráficas para el posterior análisis de los puntos de falla del material, así como torque requerido y resistencia del mismo, lo que nos permitirá obtener las propiedades del material.

2.10.1 Procedimiento de Prueba Según La Norma Astm E143-02

American Society for Testing and Materials (ASTM), son normas que se utilizan a nivel mundial, con el único propósito de mejorar la calidad de los productos, aumentando la seguridad y fomentando la confianza de los consumidores. (ASTM.International)

- **Enfoque general**

Este ensayo cubre la determinación del módulo de corte para materiales estructurales. Este método se limita a materiales en los cuales los efectos de fluencia son despreciables comparados con la deformación producida al instante de ser sometidos a una carga.

- **Resumen del método de prueba**

La probeta cilíndrica o tubular se somete a una carga, sea incremental o de manera constante por medio de la aplicación de un torque externo con el fin de producir una torsión uniforme a lo largo de la longitud libre

Los cambios en el torque y el cambio en el ángulo de giro son determinados ya sea incrementalmente o de manera constante.

2.10.2 Consideraciones generales Según La Norma Astm E143-02

El módulo de corte para una sección circular viene dado por:

$$G = \frac{TL}{J\theta} \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} G &= \text{Módulo de corte} \\ T &= \text{Torque} \\ L &= \text{Longitud libre} \\ J &= \text{Momento polar de inercia} \\ \theta &= \text{Ángulo de giro} \end{aligned}$$

Para un cilindro sólido:

$$J = \frac{\pi D^4}{32} \quad \text{Ec. (2)}$$

Para un tubo:

$$J = \frac{\pi(D_e^4 - D_i^4)}{32} \quad \text{Ec. (3)}$$

2.10.3 Equipos:

Máquina de torsión: El equipo utilizado para aplicar el torque a la probeta debe ser calibrado en los rangos de torque aptos para cada material.

Mordazas: Los bordes de la probeta deben ser asegurados firmemente en las mordazas, las cuales deben ser diseñadas para producir un estado de deformación constante en la longitud libre de la probeta. Deben estar ubicadas de tal manera que permitan una alineación axial y mantener la misma para prevenir la aparición de momentos flectores durante el ensayo.

Indicadores de ángulo: El ángulo de torsión puede ser medido por un par de brazos fijos acoplados a un anillo asegurado en 3 puntos de la sección. El desplazamiento rotacional relativo de las dos secciones puede ser medido de manera mecánica, óptica o eléctrica.

2.10.4 Selección de la Probeta

Las probetas deben ser de un material casi sin imperfecciones, estas pequeñas imperfecciones cerca de la superficie, tales como fisuras, que son despreciables en el cálculo del módulo de Young pueden producir grandes errores en el cálculo del módulo de corte, en el caso de elementos maquinados se debe tener especial consideración en evitar cambiar las propiedades del material en su superficie.

Para probetas cilíndricas sólidas, se debe tomar en cuenta que sean rectas, de diámetro uniforme y una longitud igual a su longitud libre más dos a cuatro diámetros, para probetas tubulares, se debe tomar en cuenta que sean rectas, de espesor constante y una longitud igual a la longitud libre, más 4 diámetros exteriores, la longitud libre debe ser por lo menos de 4 veces el diámetro

2.10.5 Procedimiento para el desarrollo del ensayo

- 1. Medición de las probetas:** Realizar la medición del diámetro para realizar un cálculo preciso del momento polar de inercia para la longitud libre. En el caso de probetas tubulares determinar el espesor de pared promedio a cada borde con un $\pm 0.0025mm$
- 2. Alineamiento:** Se debe asegurar una alineación axial de la probeta de manera que no se produzcan momentos flectores que alteren los resultados

3. **Torque y ángulo de giro:** Se debe realizar mediciones constantes del torque y ángulo de giro de manera que se tenga un registro de datos
4. **Velocidad de giro:** mantenga la velocidad de la prueba lo suficientemente alta para que la fluencia sea insignificante.
5. **Temperatura:** Evite los cambios de temperatura durante la prueba.

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

3.1 Selección de sensor

Para conocer el desplazamiento angular del mandril, en el que se encuentra montado una rueda dentada de 360 dientes, al girar nos permitirá determinar cuántas vueltas y grados dará al finalizar el ensayo de torsión. Se ha seleccionado el sensor angular o encoder que describimos a continuación.

3.1.1 *Encoder infrarrojo tipo herradura.*

“El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal, si se asocian a cremalleras o a husillos”. (ELTRA, 2010)

3.1.2 *Características del encoder infrarrojo*

“Los codificadores ópticos o encoders incrementales constan, en su forma más simple, de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí, de un sistema de iluminación en el que la luz es colimada de forma adecuada, y de un elemento foto receptor.” (TESLABEM, 2017).

Pines de conexión del módulo de velocidad (encoder FC-03)

VCC: Alimentación del módulo de 3,3V a 12V.

GND: Tierra.D0: Señal digital de los pulsos de salida.

A0: Señal analógica de los pulsos de salida. Señal de salida en tiempo real.

Principales características técnicas:

Dimensiones: 32 x 14 x 7mm

La ranura de lectura del sensor tiene un ancho de 5mm.

Dos salidas, una digital y otra analógica.

LED indicador de alimentación.

LED indicador de los pulsos de salida del pin D0

El eje cuya posición se quiere medir, va acoplado a la herradura del sensor, de este modo, al transcurso, que el eje gire se irán generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese cada marca como se observa en la figura 1-3, y contabilizará, pudiendo medir la posición de la rueda dentada.

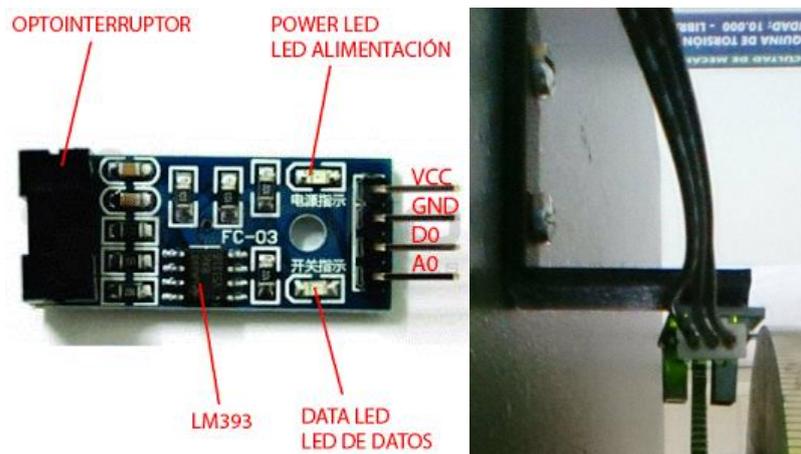


Figura 32. Encoder incremental

Fuente: (ANDROMIA ROBOTS V.2.0, 2016)

3.1.3 Conexión del encoder en el sistema eléctrico.

Como podemos observar en la figura 2-3, el encoder está conectado a una fuente de alimentación que se encuentra como un módulo adicional, generando la tensión para los dispositivos de automatización. El PLC interiormente trabaja con señales de baja tensión (5Vdc), mientras que su alimentación es de 24Vdc, 110Vac o 220Vac, por lo regular, habitualmente se utiliza una fuente de 12 o 24 Vdc, para la alimentación de módulos auxiliares de entradas y salidas.

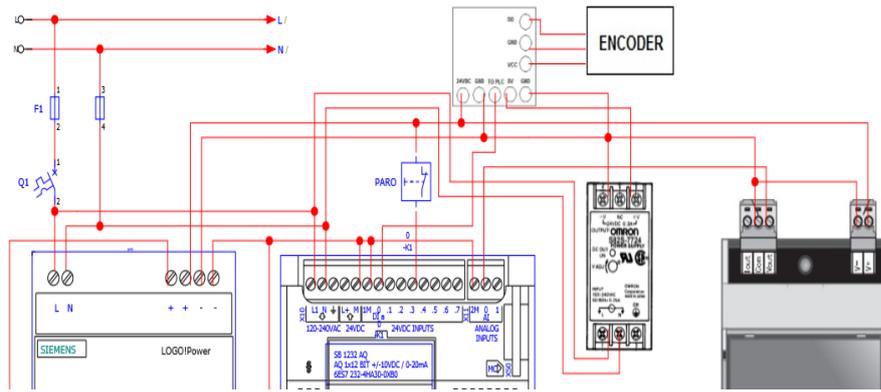


Figura 33. Conexión del Encoder

Fuente: Autor

3.2 Controlador de celda de carga

Diseñado para aplicaciones simples de medición de peso y fuerza, y se puede conectar a cualquier PLC, con una tarjeta de entrada analógica, las unidades tienen alimentación de CC (15 V a 30 V) y proporcionan un voltaje de excitación de 10 V CC, para hasta cuatro células de carga de 350 ohm, figura 3-3, el ajuste de salida simple se logra utilizando los puertos de recorte SPAN y ZERO. (TECHNOLOGY)

3.2.1 Características de la celda de carga

- La excitación regulada de 10Vdc impulsa hasta 4 celdas de carga
- Salida analógica 0-10Vdc o 4-20mA
- Ajustes independientes ZERO y SPAN
- Montaje en "carril rápido" de riel DIN
- Todos los terminales son extraíbles para la instalación en puntos apretados



Figura 34. Celda de Carga

Fuente: Autor

3.3 Estructura de Procesos y Direccionamiento con el Software TIA PORTAL.

Se agrega todas las variables que utiliza el sistema, en este proyecto se utiliza 104 variables, como podemos observar en la figura 4-3. Para cada una se asigna una dirección que es la que se utilizará para conectar los dispositivos de entradas y salidas, se da un nombre y se escoge el tipo de dato.

Variables PLC								
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
80	Peso_kg	Tabla de variables e..	Real	%MD84	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
81	Longitud_r	Tabla de variables e..	Real	%MD88	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
82	Longitud_metros	Tabla de variables e..	Real	%MD92	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
83	Momento_Torsor_s	Tabla de variables e..	Real	%MD96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
84	Radio_metros_s	Tabla de variables e..	Real	%MD108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
85	Dia_f	Tabla de variables e..	Real	%MD112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
86	Modulo_Corte_s	Tabla de variables e..	Real	%MD116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
87	Esfuerzo_Cortante_s	Tabla de variables e..	Real	%MD120	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
88	Distorsion_Angular_s	Tabla de variables e..	Real	%MD124	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
89	D_Ext_m	Tabla de variables e..	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
90	D_int_m	Tabla de variables e..	Real	%MD140	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
91	Momento_Polar_Hueca	Tabla de variables e..	Real	%MD144	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
92	Momento_Torsor_h	Tabla de variables e..	Real	%MD148	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
93	Modulo_Corte_h	Tabla de variables e..	Real	%MD152	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
94	Esfuerzo_Cortante_h	Tabla de variables e..	Real	%MD156	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
95	Distorsion_Angular_h	Tabla de variables e..	Real	%MD160	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
96	Momento_Polar	Tabla de variables e..	Real	%MD36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
97	Momento_Torsor	Tabla de variables e..	Real	%MD172	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
98	Modulo_Corte	Tabla de variables e..	Real	%MD176	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
99	Esfuerzo_Cortante	Tabla de variables e..	Real	%MD180	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
100	Distorsion_Angular	Tabla de variables e..	Real	%MD184	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
101	Vueltas_r	Tabla de variables e..	Real	%MD188	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
102	P_Grados_r	Tabla de variables e..	Real	%MD192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
103	Aux_Parar_Recoleccion	Tabla de variables e..	Bool	%MO.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
104	Aux_Recoleccion_de_Datos	Tabla de variables e..	Bool	%MO.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 35. Variables del PLC, creadas en este Proyecto

Fuente: Autor

3.4 Asignación de memorias y salidas

3.4.1 Celda de carga.

Como muestra la Figura 5-3. La instrucción NORM_X, normaliza el parámetro VALUE dentro del rango de valores especificado por los parámetros MIN y MAX que comprende el PLC es de 0 a 27600 para una entrada analógica, lo que se traducirá a una

escala de 0 – 10V que es el valor máximo que puede recibir la entrada analógica del PLC. La instrucción SCALE_X, escala el parámetro VALUE real normalizado 0 a 10000 al tipo de datos y rango de valores especificados por los parámetros MIN y MAX, los parámetros MIN, MAX y OUT deben tener un mismo tipo de datos.

El máximo y el mínimo nos permite comparar como un lazo cerrado con el último valor, para que aparezca en mi pantalla el punto de ruptura, eligiendo así el máximo.

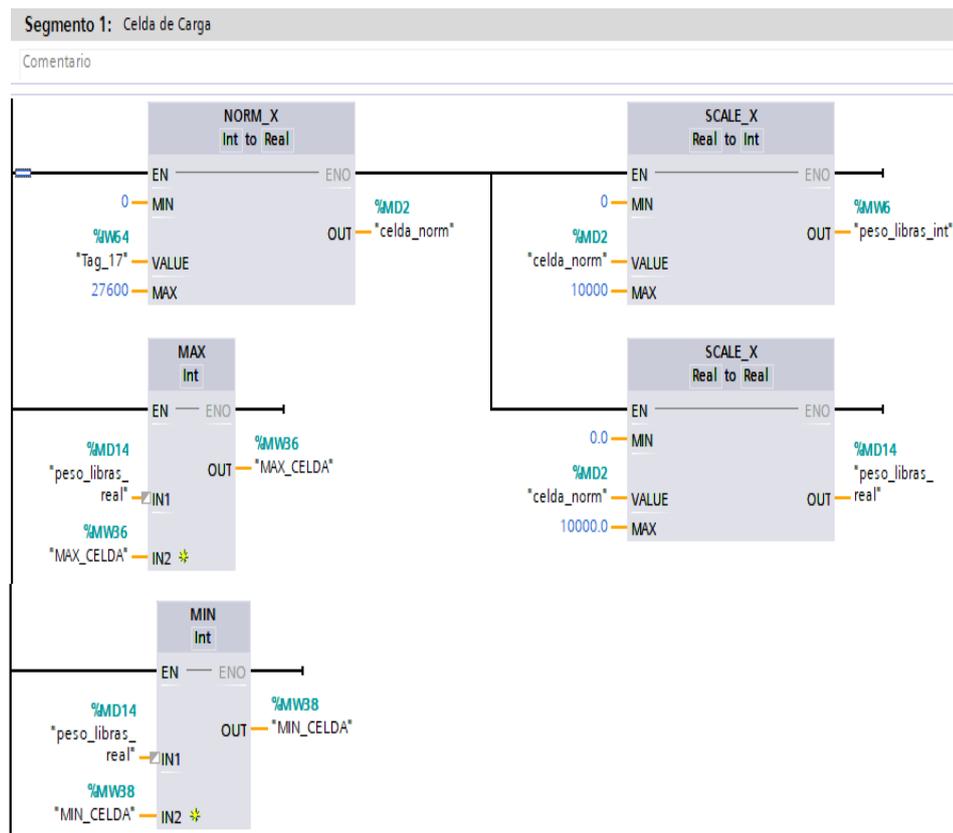


Figura 36. Segmento 1. Celda de Carga

Fuente: Autor

3.4.2 Regulador de velocidad

Como observamos en la figura 6-3, al programar esté contacto neutro, nos permitirá modificar la velocidad en el transcurso del proceso, el mismo que escalaremos, debido a que al PLC debemos mandar de 0 a 10V, escalo este valor de 0 a 20700, que es el lenguaje que entiende el PLC.

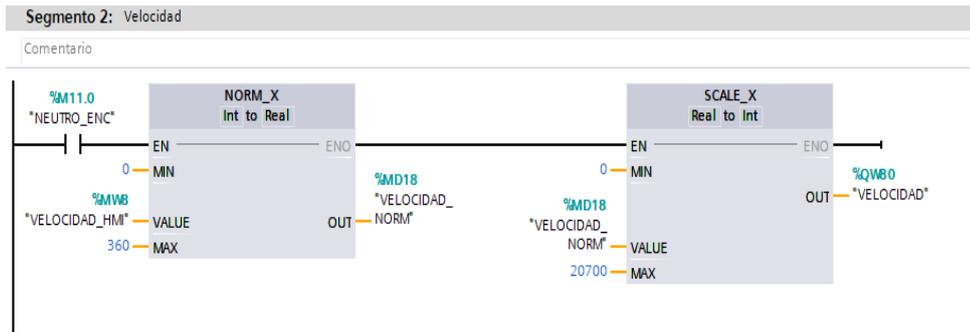


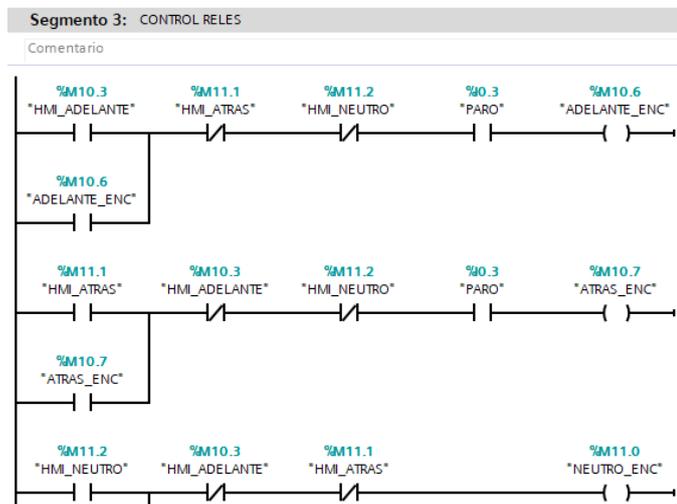
Figura 37. Segmento 2. Programación de la Velocidad

Fuente: Autor

3.4.3 Control por Relés

La figura 7-3, muestra el control de los relés, con un conjunto de memorias que representan la pantalla o HMI, que se encuentran enclavadas, mientras le mantenga pulsado funciona, esta bobina se prende hasta que la desactive al pulsar el paro de emergencia o el neutro. Al realizar está orden para los tres procesos adelante, atrás y neutro, podremos activar la salida Q0.0, Q0.1, Q0.2 que representan al relé 1, relé 2, relé 3 respectivamente.

Cuando el pulsador de paro esta hacia afuera, la luz, que muestra en el piloto de señalización es verde, el mismo que permitirá continuar con el proceso y cuando el pulsador de paro esta hacia dentro esta desactivado lo que quiere decir que el piloto de señalización se mostrará de color rojo, el mismo que no nos permitirá continuar con el proceso hasta su desactivación.



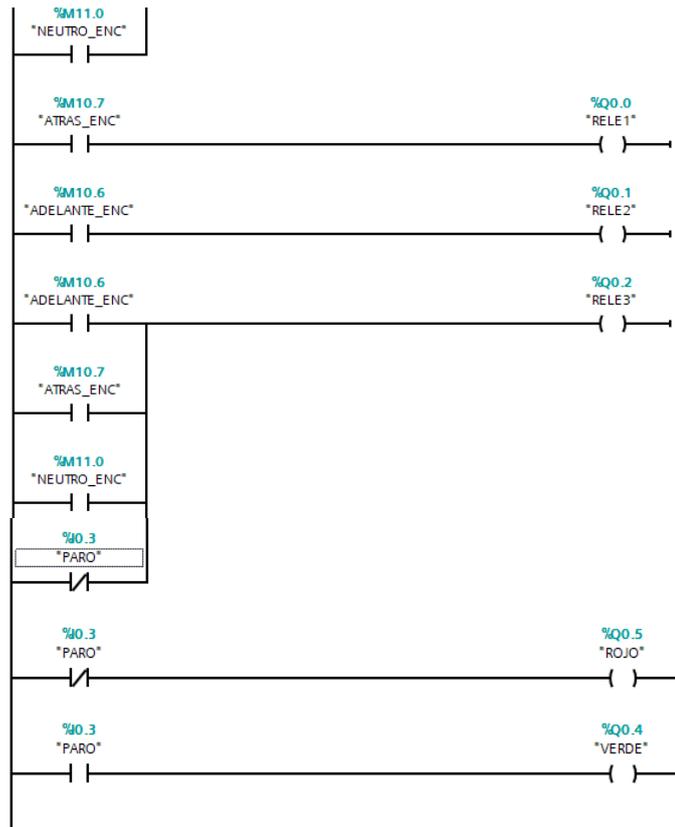
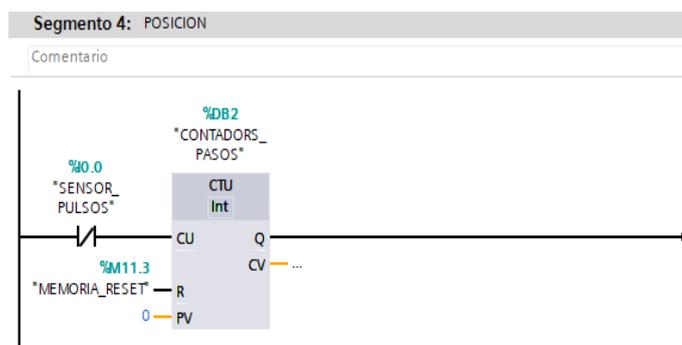


Figura 38. Segmento 3. Programación para el control por Relés

Fuente: Autor

3.4.4 Posición

Como podemos observar en la figura 8-3. Tenemos una entrada de sensor de pulsos o conocido como un sensor incremental el mismo que está conectado en serie con el bloque CTU, en donde CU es la señal que alimenta y CV es el valor de la base de datos, cuando el valor llega a 360 se resetea y cuenta una vuelta. Tomando el valor de CV me muestra porque pulso va y le decimos que comparé, esto nos permitirá ver el número de vueltas y grados al que llegará la probeta al momento de su fractura.



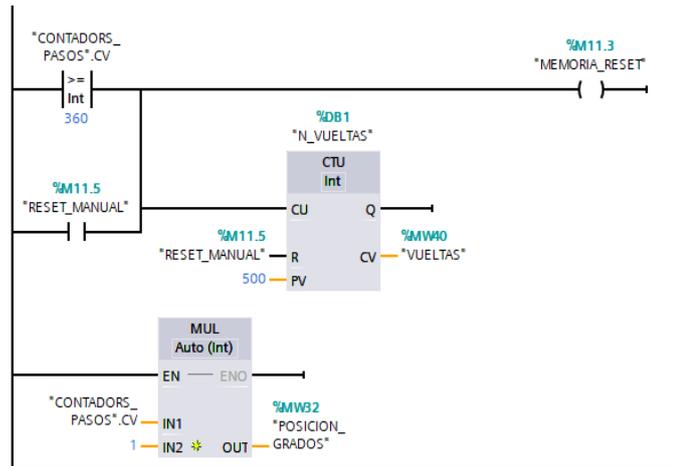


Figura 39. Segmento 4. Programación de la Posición

Fuente: Autor

3.4.5 Activación de diámetros Pantalla

Estas memorias nos permiten habilitar las celdas para el ingreso de los diámetros.

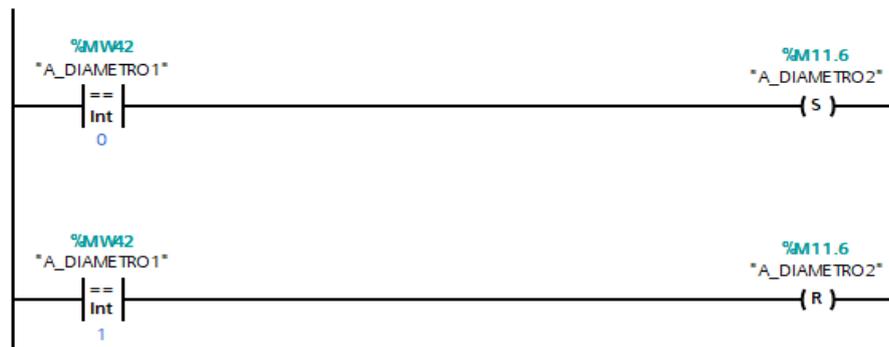


Figura 40. Segmento 5. Programación para activar diámetros de pantalla

Fuente: Autor

3.4.6 Encera los valores Visualizados

La memoria reset manual, se encuentra conectado en serie con el bloque move, esté me permite envíar datos hacia otra dirección , es decir a la dirección que el programador la requiera, en este caso envia un valor de cero hacia las variables mostradas en la pantalla, es decir resetea los diámetros, el valor de grados y vueltas, el valor de torque, inicio y paro de toma de datos, la longitus de la probeta y sobre todo la velocidad a la que se estaba desarrollando el ensayo. Volviendo los valores a cero para empezar otro ensayo con nuevos datos.

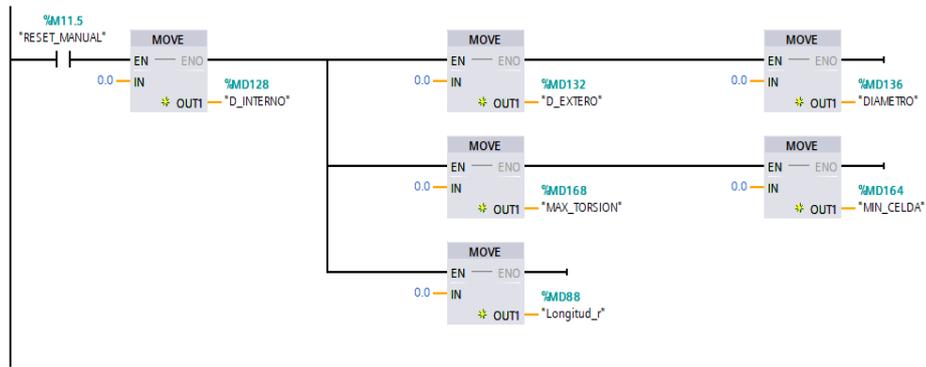


Figura 41. Segmento 6. Programación para encerrar valores visualizados

Fuente: Autor

3.4.7 Creación del datalog

La figura 11-3, muestra un bloque de datalog el mismo que hace conexión del bloque con la base de datos, está base de datos se crea en el datalog setting la ID, el encabezado, los datos, como un archivo interno de Excel. Este bloque nos permitirá iniciar la toma de datos y desactivarla. Como podemos observar en la entrada Records, permitirá almacenar 4000 datos, a razón de cada segundo.

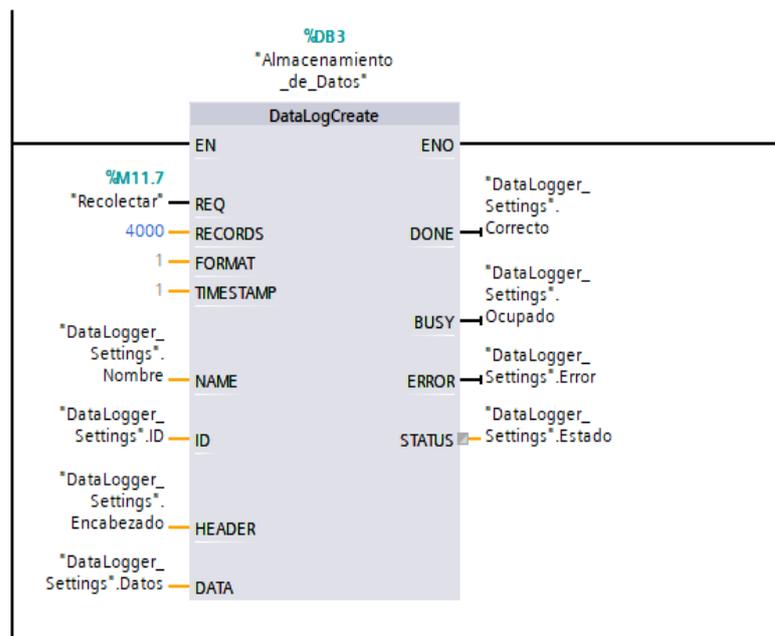


Figura 42. Segmento 7. Programación para crear el datalog

Fuente: Autor

3.4.8 *Habilitación de escritura Datalog*

Dependiendo de las variables habilita o deshabilita la escritura de los datos. REQ nos indica que guarda el dato ID, que llega cada segundo o cada 1Hz.

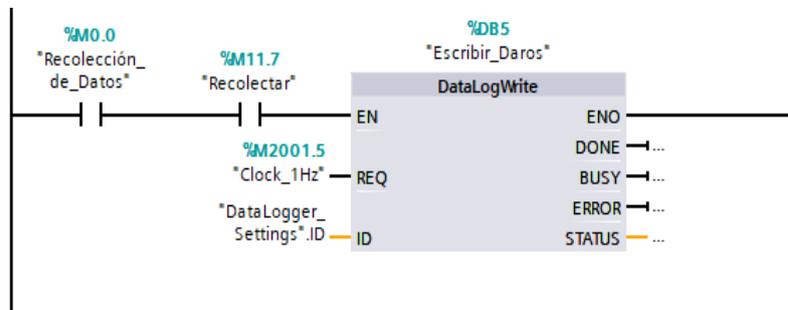


Figura 43. Segmento 8. Programación Datalog

Fuente: Autor

3.4.9 *Escritura de valores*

Transfiere los valores de la variable, donde esta guardada hacia el datalog es decir cada segundo llega los datos

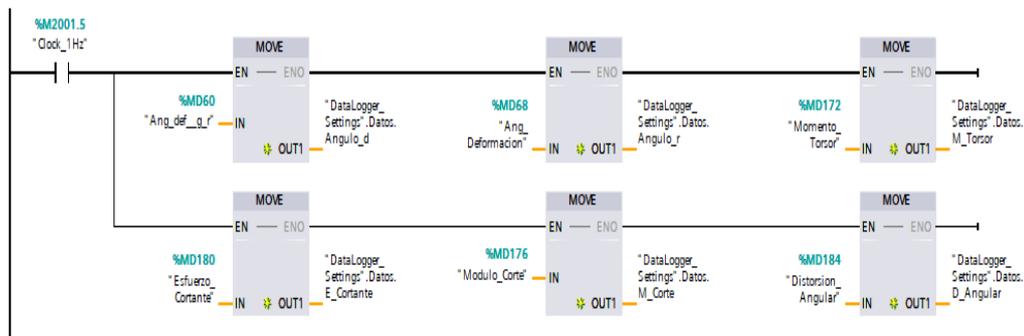


Figura 44. Segmento 9. Programación Para Transferir datos

Fuente: Autor

3.4.10 *Habilitación de recolección de datos*

Dependiendo del estado de la configuración principal del Datalog me permite la recolección de los datos. Al pulsar en la interfaz del HMI iniciar toma de datos, empieza a guardar cada segundo del ensayo en tiempo real.

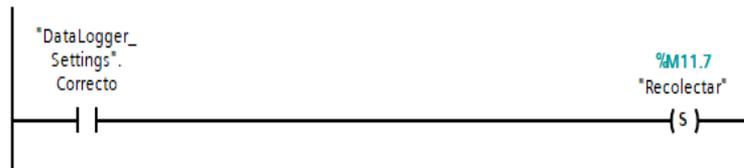


Figura 45. Segmento 10. Programación Habilita datos recolectados

Fuente: Autor

3.4.11 Reset

Resetea los valores de los datos a recolectar.

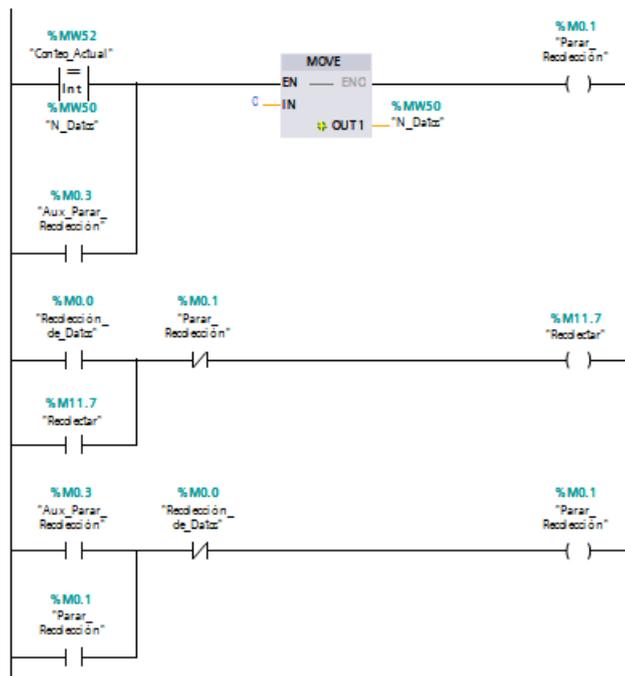


Figura 46. Segmento 11. Programación del Reset

Fuente: Autor

3.4.12 Condición de recolección de datos automáticos

Cuando el número de datos a llegado a su valor máximo, detiene la toma de datos y se resetea las memorias, como podemos observar en la programación de la figura 16-3, está programado para recolectar 5500 datos que será una hora con 31 minutos y 40 segundos, en este transcurso de tiempo podemos guardar n datos, mientras que con la ayuda de move, copiamos un elemento de datos almacenado en una dirección indicada a una dirección diferente, en este caso direccionaremos a una extensión CVS, para poder descargarla del PLC, al final del Ensayo.

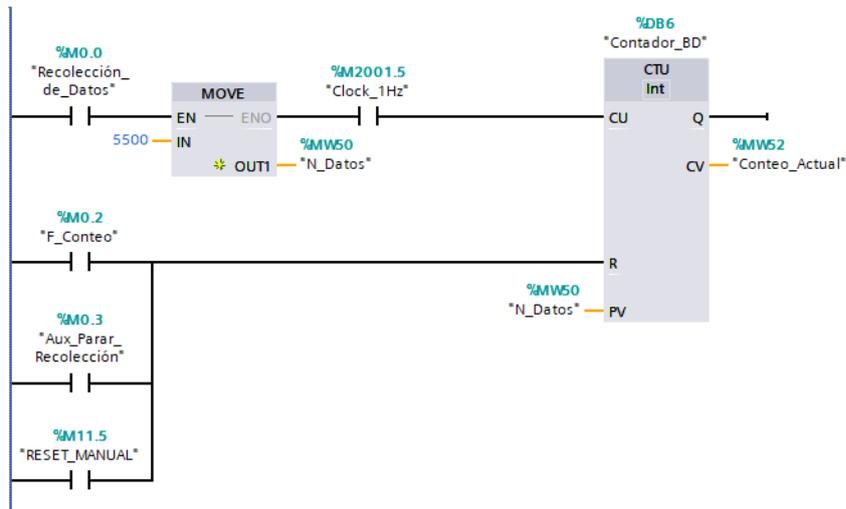


Figura 47. Segmento 12. Programación de Datos Automáticos

Fuente: Autor

3.4.13 Recolección de datos

Creamos una memoria auxiliar denominada recolección de datos y una memoria auxiliar para, parar recolección de datos, mediante estas memorias programamos el segmento 13, como podemos observar en la figura 17-3.

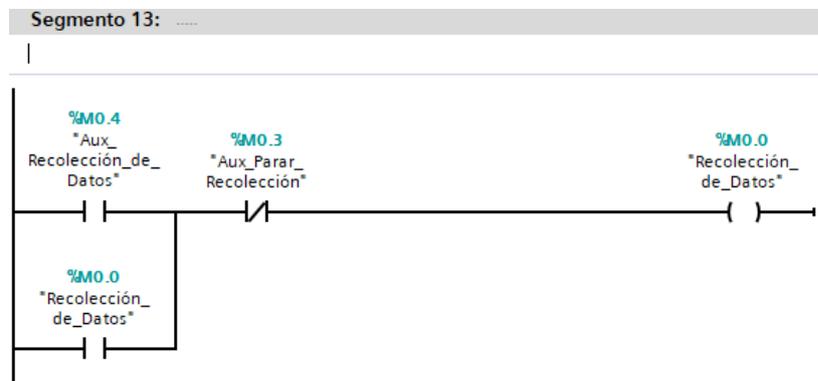


Figura 48. Segmento 13. Programación recolección de datos

Fuente: Autor

3.4.14 Ingreso de fórmulas para la varilla sólida

Con la ayuda del bloque CONV, la entrada de las vueltas, es decir un entero convertimos en real también la posición en grados se la convierte en real de la misma forma, y con el bloque CALCULATE resolvemos la operación, este bloque nos permitirá determinar el esfuerzo cortante, el Módulo de Corte y la deformación angular,

3.4.15 Ingreso de fórmulas para varilla hueca.

De la misma forma que para la varilla sólida, se programa la entrada de las vueltas convertimos en real con la ayuda del bloque CONV, también la posición en grados se la convierte en real de la misma forma, y con el bloque CALCULTE resolvemos la operación. Este bloque nos permitirá determinar el esfuerzo cortante el Módulo de Corte y la deformación angular. Solo cambiamos en la programación las fórmulas para una varilla hueca.

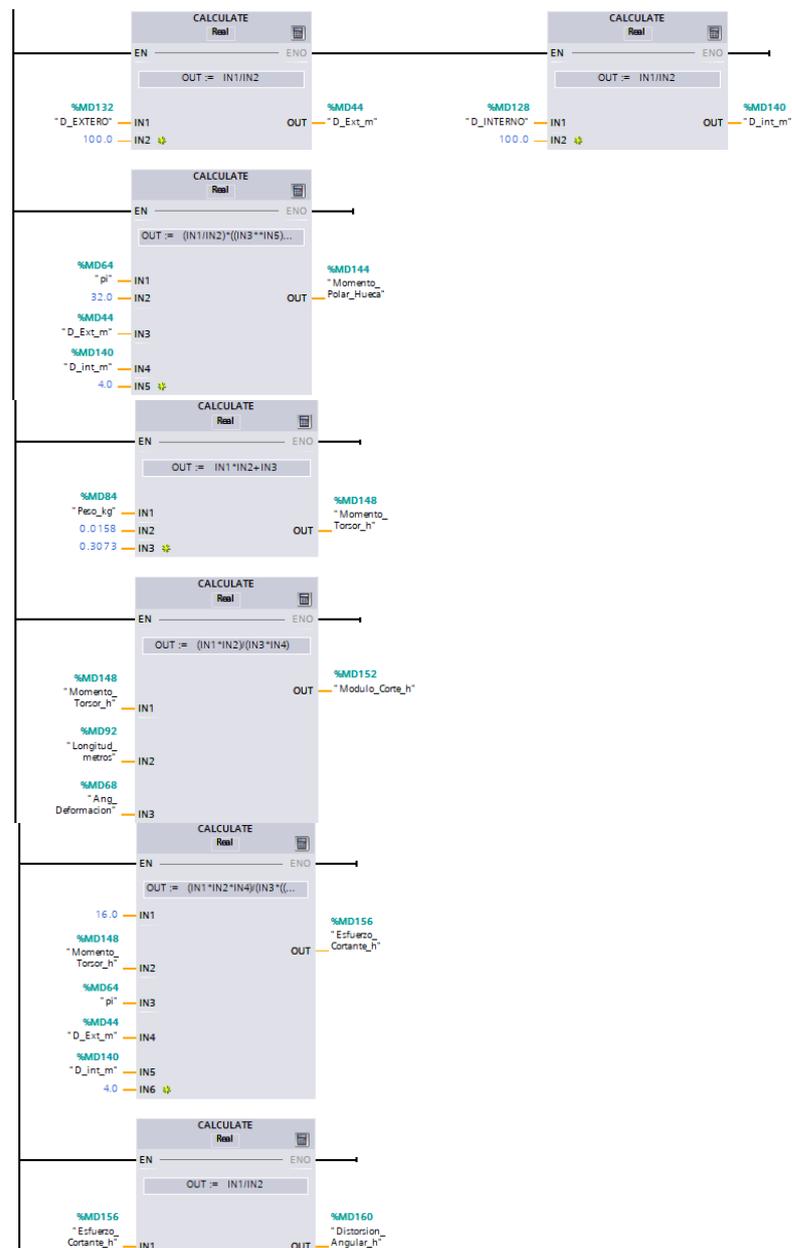


Figura 50. Segmento 15. Programación Formulas Probeta Circular hueca

Fuente: Autor

3.4.16 Activación de valores finales

Elije valores a visualizarse dependiendo del tipo de varilla a la que se le va a someter a la prueba. Debido al bloque MOVE, permite copiar un elemento de datos, almacenado en una dirección indicada a una dirección diferente. Entonces sea esta una probeta de sección circular solida o de sección hueca, el proceso se desarrolla para las dos probetas, pero muestra los datos de la probeta seleccionada.

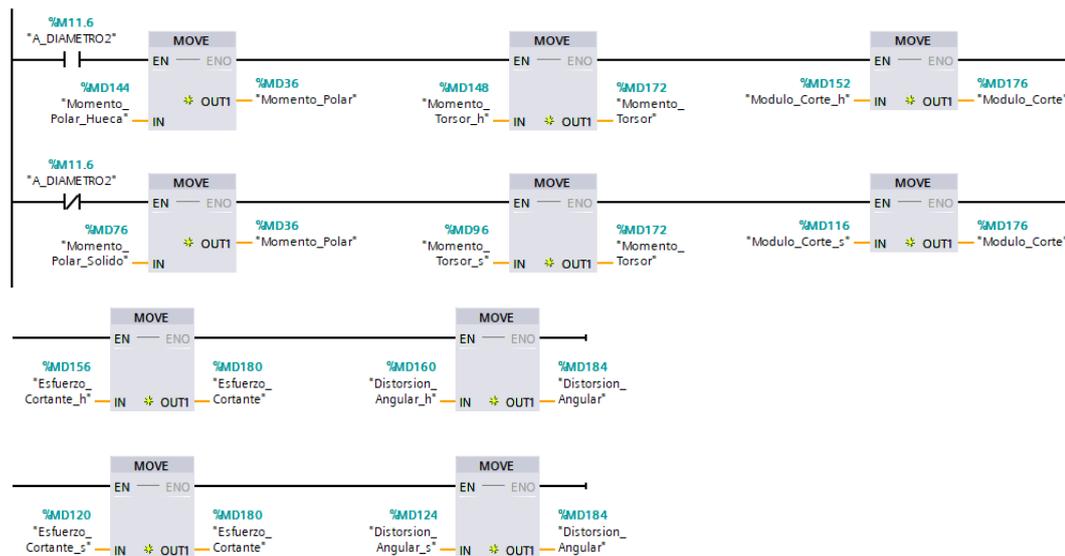


Figura 51. Segmento 16. Programación Activa Valores Finales

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. VALIDACIÓN DE DATOS, GUÍA DE LABORATORIO, PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS.

En este capítulo mostraremos los resultados obtenidos en la realización de ensayos, además se presentarán tablas con los valores obtenidos de acuerdo a su calibración, explicaremos como se llevó a cabo la validación de datos, desarrollaremos una guía de puesta en marcha del equipo, también se realizará un plan de mantenimiento y descripción de costos.

4.1 Calibración del nuevo sistema de adquisición de datos.

Dado que no existe un patrón referencial dentro de los antecedentes de la máquina de torsión, en el que nos podamos basar, se realizó un sistema de mediciones, a través de un conjunto de pesos en kilogramos [Kg], con una distancia de 30 cm. Con lo cual se logró medir el torque, con pesos de 2Kg, 4Kg, 6Kg, 8Kg, etc, hasta alcanzar los 20Kg de par en par, gracias a los datos obtenidos del valor esperado (Teórico) y lo obtenido (Experimental), se halló la pendiente de la recta, por medio de la cual se logró corregir el error que presentaba el torque.

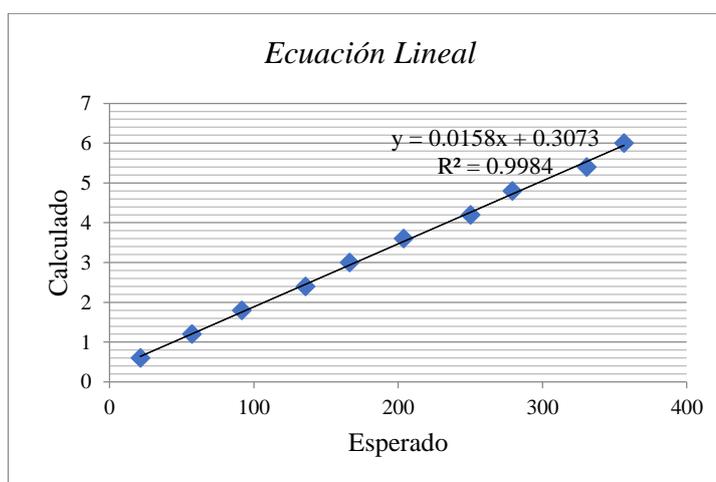


Gráfico 1-4. Ecuación de la Pendiente de la Recta
Realizado por: Carolina Pillajo

4.2 Datos obtenidos con el nuevo sistema incorporado.

Se realizó varias pruebas a la misma velocidad que adquirimos los datos con el display es decir con una velocidad de 360°/min y de igual manera fueron tomadas cada 180° (grados), con el fin de compararlas con el nuevo sistema de adquisición de datos, obteniendo los resultados que presentamos en la tabla 1-4, presentamos los valores obtenidos de tres probetas ensayadas.

Tabla 1-4. Datos obtenidos del nuevo sistema incorporado (HMI).

Número Vueltas	Prueba 1 [Kgf. m]	Prueba 2 [Kgf. m]	Prueba 3 [Kgf. m]
0	0	0	0
0.5	12.7261	12.7419	12.4733
1	12.9631	13.3897	13.0737
1.5	15.4911	14.9539	15.4437
2	16.8025	16.5181	16.8183
2.5	17.7663	17.4977	17.6083
3	18.3193	18.0823	18.2877
3.5	18.5089	18.5721	18.6669
4	19.2515	19.0145	19.0619
4.5	19.6465	19.2673	19.2515
5	19.8835	19.5991	19.6465
5.5	20.0731	19.8361	19.6939
6	20.2785	20.0257	20.0257
6.5	20.8157	20.3417	20.2311
7	20.9579	20.5945	20.4207
7.5	21.0053	0	0
8	20.1995	0	0

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

De la tabla 1-4, podemos decir que la primera probeta llegó a su fractura a la octava vuelta con un torque 20.1995 kgf.m, de la prueba dos podemos determinar que llegó a su fractura a la séptima vuelta con un torque de 20.5945 kgf.m, con la prueba número tres observamos que llegó a su fractura con un torque de 20.4207 kgf.m con 7 vueltas.

4.2.1 Propiedades del material de un Cilindro sólido.

Para el cálculo de las propiedades del material detallaremos las características de la probeta de ensayo.

Tabla 2-2. Especificaciones de la probeta de ensayo

VARILLA DE CONSTRUCCIÓN AISI 1018	
Diámetro	1.27 cm
Longitud total	36 cm
Longitud de ensayo	30cm
Velocidad	60°/min
Sentido de giro	Horario, Forward.

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

En la tabla 3-4, podemos observar los datos que obtuvimos del esfuerzo cortante, módulo de corte y la deformación angular en las unidades correspondientes.

Tabla 3-4. Propiedades del Material Probeta Sólida

Vuelta	Ángulo de giro [°]	Ángulo de giro [rad]	Momento Torsor [kgf.m]	Esfuerzo Cortante [MPa]	Módulo de Corte [MPa]	Deformación unitaria [rad]
0	0	0	0	0	0	0
0.5	180	3.142	12.40345926	3.0243E+08	4.5471E+09	0.06649714
1	360	6.283	14.17809788	3.4570E+08	2.5993E+09	0.13299429
1.5	540	9.425	15.16845926	3.6984E+08	1.8538E+09	0.19949141
2	720	12.566	15.93556032	3.8855E+08	1.4607E+09	0.26598859
2.5	900	15.708	16.513755	4.0264E+08	1.2109E+09	0.33248558
3	1081	18.867	16.7599032	4.0865E+08	1.0232E+09	0.39935214
3.5	1260	21.991	17.120554	4.1744E+08	8.9675E+08	0.46547998
4	1440	25.133	17.4983794	4.2665E+08	8.0196E+08	0.53197718
4.5	1620	28.274	17.698755	4.3154E+08	7.2103E+08	0.59847417
5	1800	31.416	17.9162894	4.3684E+08	6.5689E+08	0.66497137
5.5	1981	34.575	18.231136	4.4452E+08	6.0736E+08	0.73183792
6	2160	37.699	18.2769402	4.4564E+08	5.5843E+08	0.79796577
	2161	37.717	18.2769402	4.4564E+08	5.5817E+08	0.79833512
	2163	37.752	18.2769402	4.4564E+08	5.5765E+08	0.79907405
	2163	37.752	18.2769402	4.4564E+08	5.5765E+08	0.79907405
	2165	37.786	18.2769402	4.4564E+08	5.5715E+08	0.79981277
	2167	37.821	18.2769402	4.4564E+08	5.5663E+08	0.8005517
	2168	37.839	18.2769402	4.4564E+08	5.5637E+08	0.80092106

Tabla 3-4. (Continua:Propiedades del Material Probeta Sólida)

	2169	37.856	18.2769402	3.0243E+08	5.5612E+08	0.80129041
	2170	37.874	18.2654852	3.4570E+08	5.5550E+08	0.80165998
	2172	37.909	18.2769402	3.6984E+08	5.5534E+08	0.8023987
	2173	37.926	18.2769402	3.8855E+08	5.5509E+08	0.80276827
	2175	37.961	18.2769402	4.0264E+08	5.5458E+08	0.80350699
	2176	37.978	18.2769402	4.0865E+08	5.5433E+08	0.80387656

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

4.2.2 Análisis de las propiedades del material de una varilla sólida.

De acuerdo al Gráfico 2-4, (esfuerzo cortante vs. Deformación unitaria angular), como se muestran es posible interpretar las propiedades del material. Entonces podemos decir que la probeta ensayada llego a la fractura con un esfuerzo cortante de 408,646 [MPa], con una deformación angular de 0.8 [rad]. De acuerdo al catálogo de ANDEC la varilla tiene una resistencia a la rotura de 5600 [kg/cm²] o lo que es lo mismo 548,8 [MPa].

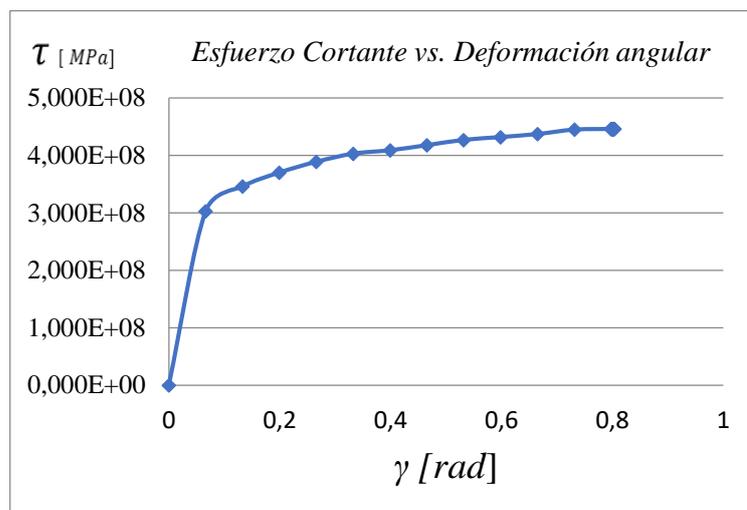


Gráfico 2-4. Esfuerzo Cortante vs Deformación Angular Probeta Solida

Realizado por: Carolina Pillajo 2017

De acuerdo al Gráfico 3-4, (Momento Torsor vs ángulo de giro), como se muestran es posible interpretar las propiedades del material. Entonces podemos decir que la probeta ensayada llego a la fractura con un torque máximo de 18,27 [Kgf.m] y con un ángulo de giro de 37.978 [rad].

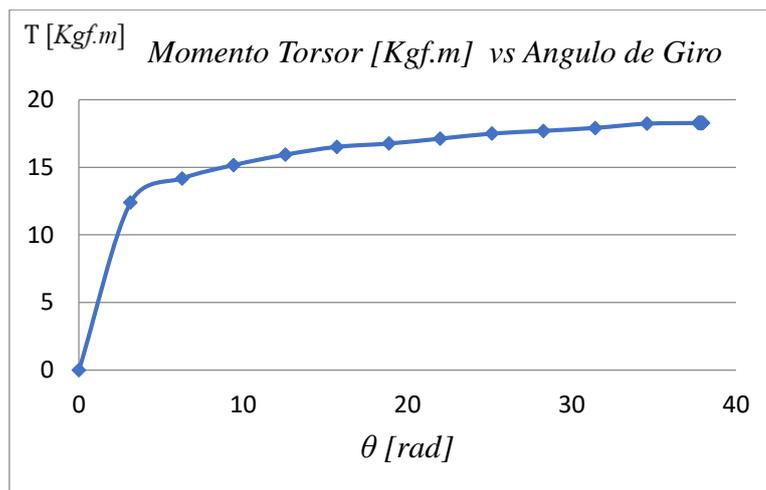


Gráfico 3-4. Momento Torsor vs Ángulo de giro Probeta Solida

Realizado por: Carolina Pillajo 2017

La fractura de la probeta se dio como indica la teoría a lo largo de un eje perpendicular a su eje longitudinal, por lo que se trata de un material dúctil, generalmente este tipo de material falla a corte.

4.3 Propiedades del material de un tubo Redondo.

Para el cálculo de las propiedades del material detallaremos las características de la probeta de ensayo.

Tabla 4-4. Especificaciones de la Probeta Tubo Redondo

Tubo Redondo AISI 1018	
Diámetro Interno	1.65 cm
Diámetro Externo	2.16 cm
Longitud total	33 cm
Longitud de ensayo	27 cm
Velocidad	60 °/min
Sentido de giro	Horario, Forward.

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

En la tabla 6-4, podemos observar de los 3542 datos que obtuvimos, solo presentamos datos cada 180 grados de esfuerzo cortante, módulo de corte y la deformación unitaria angular en las unidades correspondientes.

Tabla 6-4. Propiedades del Material Tubo Redondo.

Vuelta	Ángulo de giro [°]	Ángulo de giro [rad]	Momento Torsor [kgf.m]	Esfuerzo Cortante [kgf/m ²]	Módulo de Corte [kgf/m ²]	Deformación unitaria [rad]
0	0	0	0	0.00E+00	0	0
0.5	180	3.141597	36.0576598	2.71E+08	2156124774	0.12566
1	360	6.283195	42.2345434	3.17E+08	1262740446	0.25133
1.5	540	9.424791	45.2399878	3.40E+08	901732198	0.37699
2	720	12.56639	47.3523688	3.56E+08	707877326	0.50266
2.5	900	15.70798	48.9552788	3.68E+08	585471845	0.62832
3	1081	18.86703	50.2490302	3.78E+08	500323579	0.75468
	1081	18.86703	50.2833794	3.78E+08	500665590	0.75468
3.5	1260	21.99118	51.3996968	3.86E+08	439075142	0.87965
	1260	21.99118	51.2966492	3.85E+08	438194871	0.87965
4	1440	25.13278	52.2354852	3.93E+08	390437865	1.00531
4.5	1620	28.27437	53.2086704	4.00E+08	353521878	1.13097
5	1800	31.41597	53.878464	4.05E+08	322174793	1.25664
5.5	1980	34.55757	54.4738238	4.09E+08	296122558	1.38230
	2061	35.97129	54.668464	4.11E+08	285501034	1.43885
	2061	35.97129	54.6627286	4.11E+08	285471081	1.43885
	2062	35.98874	54.6226598	4.10E+08	285123510	1.43955
	2062	35.98874	54.5138926	4.10E+08	284555758	1.43955
	2062	35.98874	54.6741836	4.11E+08	285392458	1.43955
	2063	36.00619	54.7714958	4.12E+08	285761857	1.44025
	2063	36.00619	54.8001254	4.12E+08	285911227	1.44025
	2064	36.02365	54.7829508	4.12E+08	285683089	1.44095
	2064	36.02365	54.7829508	4.12E+08	285683089	1.44095
	2064	36.02365	54.7772312	4.12E+08	285653262	1.44095
5.736	2065	36.0411	54.8173	4.12E+08	285723808	1.44164

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

4.3.1 *Análisis de las propiedades del material de un tubo redondo.*

De acuerdo al Gráfico 4-4, (esfuerzo cortante vs. Deformación unitaria angular), como se muestran es posible interpretar las propiedades del material. Entonces podemos decir que la probeta ensayada llegó a la fractura con un esfuerzo cortante de 412[MPa], con una deformación unitaria angular de 1.44 [rad].

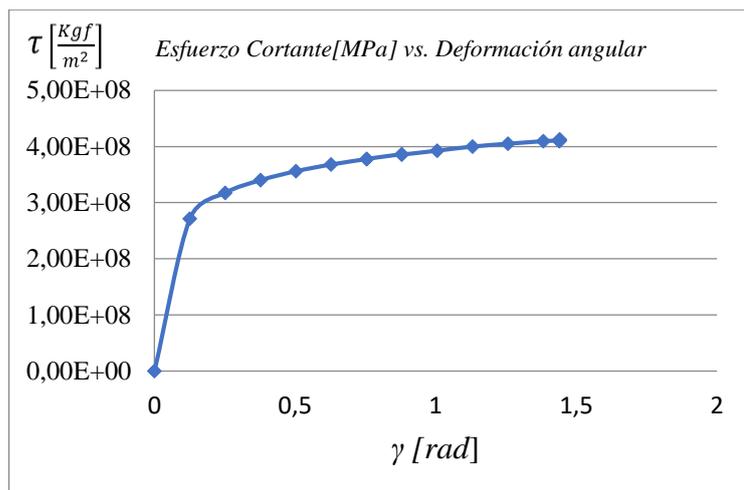


Gráfico 4-4. Esfuerzo cortante vs deformación unitaria angular de un tubo redondo.

Realizado por: Carolina Pillajo 2017

De acuerdo al Gráfico 5-4, (Momento Torsor vs Ángulo), como se muestran es posible interpretar las propiedades del material. Entonces podemos decir que la probeta ensayada llegó a la fractura con un torque máximo de 54.81 [kgf.m] y con un ángulo de giro de 36.0411 [rad].

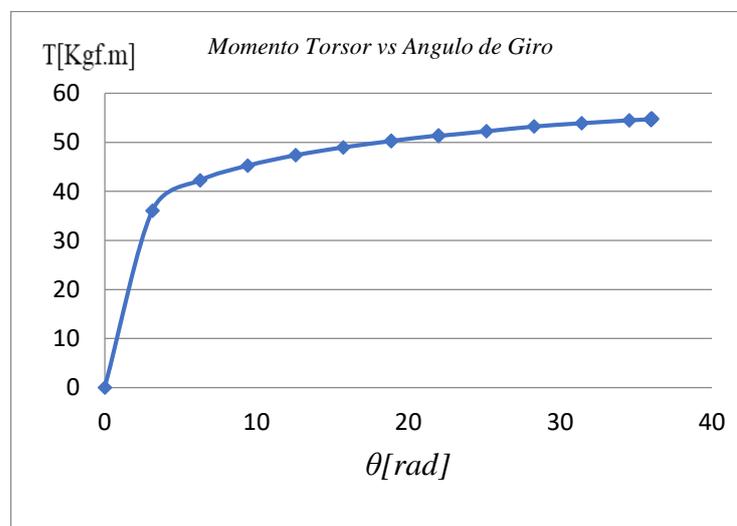


Gráfico 5-4. Momento Torsor vs Ángulo de giro de un Tubo Redondo.

Fuente: Autor

4.4 Manual de Operación de la Máquina de Torsión.

4.4.1 Vista general del equipo.

La máquina de torsión nos permite aplicar un par torsor a la probeta de ensayo, a través de la cual podremos determinar el torque máximo que puede soportar como también el ángulo al que se va deformando. Con los datos obtenidos es posible encontrar el módulo de corte, el esfuerzo cortante y la deformación unitaria o angular. Sea esta se una sección circular o de sección circular hueca.



Figura 52. Vista del Equipo

Fuente: Autor

4.4.2 Características del equipo

- Capacidad: 10000 lb
- Marca: TINIUS OLSEN
- Modelo: RT-3C
- Conexión Eléctrica: 110 Volts, 60 Ciclos, 3 Fases
- Serie: 123643

4.4.3 Requisitos de operación

Para el adecuado funcionamiento del equipo es importante la correcta manipulación, por lo cual se recomienda:

- Suministro de energía de 110V

- Verificar el estado de las instalaciones eléctricas
- Asegurar que los sistemas de fijación se encuentren en condiciones óptimas para los ensayos

4.4.4 Instrucciones de operación

- Puesta en marcha del equipo

Conectar ambos cables eléctricos al suministro de energía de 110V y activar el breaker.



Figura 53. Activación del Breaker

Fuente: Autor

- Inicio del proceso

Una vez fijada la probeta correctamente entre las mordazas se inicia el ensayo, la pantalla instalada en el equipo permite la selección y visualización de los diferentes aspectos que intervienen en el ensayo, para llevar a cabo las instrucciones de operación revise Anexo E y AnexoF, que le permitirá tener un mejor desarrollo en el proceso de operación.

En la figura 3-4, muestra cada una de las partes de la pantalla y el funcionamiento de las mismas, un buen uso de manuales y guías, permitirán tener un mayor desempeño tanto de funcionamiento de la maquina de torsión como los ensayos que se realizan en la misma.

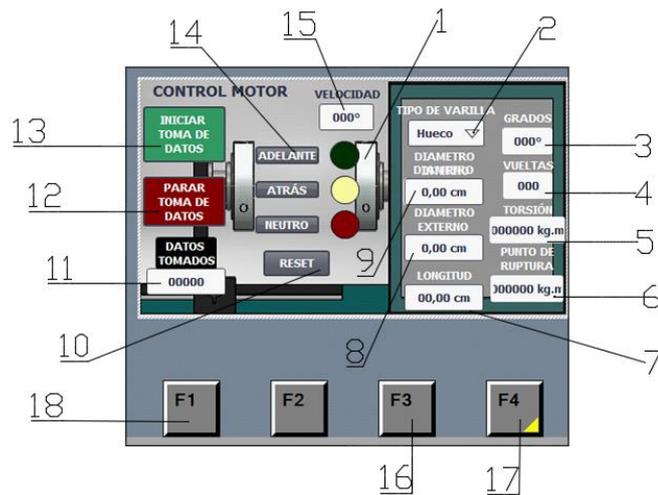


Figura 54. Pantalla de Visualización

Fuente: Autor

1. Luces de proceso, indican la dirección y estado actual de funcionamiento del equipo
2. Selección del tipo de varilla: Sólida – Hueca
3. Grados: Número de grados recorridos en la revolución actual (0-360) (Solo lectura)
4. Vueltas: El número de revoluciones dadas por el motor en este ensayo (Solo lectura)
5. Torsión: Valor actual del momento torsor aplicado a la probeta (Kg-m) (Solo lectura)
6. Punto de ruptura: Guarda el valor máximo que alcanza la probeta al llegar a su fractura. (Solo lectura)
7. Longitud: permite ingresamos la longitud que existe entre mordazas, o la longitud de ensayo.
8. Diámetro externo: Permite ingresar el valor del diámetro externo de la probeta.
9. Diámetro interno: Permite ingresar el valor del diámetro interno de la probeta en el caso de ser un elemento hueco.
10. Reset: Permite encerrar los datos actuales.
11. Datos tomados: Es el número de valores adquiridos durante el ensayo (Solo lectura).
12. Parar toma de datos: Detiene la recolección de valores.
13. Iniciar toma de datos: Inicia la recolección de valores.
14. Adelante, Atrás, Neutro: Permite seleccionar la dirección de giro del motor o detener completamente el giro al accionar la posición neutro.

15. Velocidad: Permite seleccionar la velocidad de giro del motor entre los valores de (0-360°/min).
16. F3: Permite visualizar la Gráfica en tiempo real de la Torsión en función del tiempo.
17. F4: Permite visualizar la Gráfica en tiempo real del ángulo de torsión en función del tiempo.
18. F1: Permite visualizar la interfaz del proceso.

Una vez terminado el ensayo y al parar toma de datos podemos descargar del PLC, un archivo de Excel con una extensión CVS que nos permitirá observar las propiedades del material y posteriormente graficar esfuerzo cortante y deformación unitaria angular.

4.4.5 Descargar datos del Plc

Para descargar los datos del PLC seguimos las siguientes instrucciones que detallamos a continuación.

- a) Ingresamos al navegador este puede ser: Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer.
- b) Conectamos el PLC al computador con el cable de red.
- c) Ingresamos la IP del plc al navegador, no es necesario la conexión a internet porque se ha conectado directamente el PLC a la computadora y solamente direccionaremos la IP (192.168.10.10).
- d) Se mostrará la página de Siemens, en la cual nos pedirá ingresar usuario y la clave:
Usuario: CAROLINA
Clave:EIM6288
Al ingresar observaremos varias opciones ingrese a navegador de datos, clic en archive datalog, damos clic en descargar y aceptamos.
- e) Una vez descargado el archivo del ensayo, es importante borrar el archivo existen.
- f) Damos clic en el basurero y aceptamos eliminar toma de datos.
- g) Una vez terminado este proceso, podemos iniciar nuevamente con otro ensayo.

Para descargar los datos del PLC, revise el Anexo H, el cual le permitirá descargar los datos con mayor facilidad.

4.5 Guía de laboratorio

INFORME DE LABORATORIO N°.... – ENSAYO DE TORSIÓN
SECCIÓN LLENA / SECCIÓN HUECA
APELLIDOS Y NOMBRES DEL ESTUDIANTE
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA – ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Fecha de realización:

Fecha de entrega:

1. RESUMEN

Escriba un resumen de lo que se realizó en este ensayo de torsión, indique la norma que se ha utilizado, los procedimientos seguidos y resultados obtenidos.

2. PALABRAS CLAVES

Seleccionar al menos tres palabras técnicas que rápidamente nos permitan relacionarnos con el ensayo de torsión a realizar, para esto debemos incluir su significado.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar el ensayo de torsión en una probeta de (sección llena ó sección hueca) siguiendo el método establecido en la norma ASTM E 0143-02 “Test method for shear Modulus at room temperature” para determinar el módulo cortante, el esfuerzo constante y deformación unitaria del material ensayado.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar las gráficas esfuerzo vs. deformación unitaria angular.
- Determinar el esfuerzo máximo que soporta el material.
- Observar el comportamiento del material al ser sometido a torsión.
- Analizar el tipo de fractura para determinar si el material es dúctil o frágil.
- Usar el EPP adecuado para la práctica.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

4.1. EQUIPOS



Fig. 4. Máquina de torsión

Partes:

1.
2.

3.

Fig. 7. Probeta

Accesorios



Fig 2. Indicador de momento torsor y ángulo de giro

5. MARCO TEÓRICO

FUNDAMENTO TEORICO

Escriba de forma breve y concreta los fundamentos teóricos, del ensayo de torsión, las características y las ecuaciones que se vayan a considerar. Tomar en cuenta si es una probeta de sección llena o hueca.

4.2. MATERIALES

Herramientas



Fig. 3. Calibrador



Fig. 4. Flexómetro



Fig. 5. Llave hexagonal



Fig. 6. Rayador o tiza

EQUIPO

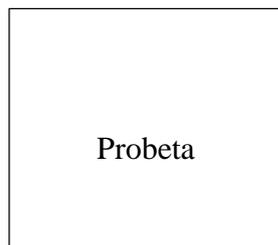
Describir el equipo utilizado para el ensayo de torsión (sección llena o hueca), es decir la Máquina de Torsión, dar a conocer la utilidad y características que deben cumplir la máquina y el accesorio.

NORMA

Indicar las normas para este ensayo, el procedimiento que indica la norma para la realización del ensayo de torsión, así como características y consideraciones que se deberán cumplir.

Norma: **ASTM E 143-02:** “Método de prueba estándar para cizalla módulo a temperatura ambiente”

Insumos (Probetas)



PROBETA

Se realizará el ensayo en una varilla corrugada de acero estructural AISI 1018 que

cumpla con las características indicadas

Longitud total: 350 mm

Diametro: 12.7 mm



Fig. 8. Medidas de la probeta

Tabla 1. Medidas probeta

Longitud (mm)	300
Diámetro (mm)	12.7

6. PROCEDIMIENTO

Para realizar el ensayo torsión se siguió este procedimiento:

1. Controlar que el área de trabajo este libre sin ningún objeto que pueda interrumpir el ensayo.
2. Tomar las medidas de la probeta: si fuere el caso de sección llena el diámetro y longitud o sección hueca diámetro externo, diámetro interno, longitud y colocar los tapones de acero en sus extremos en la probeta de sección hueca.
3. Primero sujetar la probeta en las mordazas del cabezal fijo y móvil.
4. Calibrar la longitud libre entre mordazas
5. Ajustar la mordaza del cabezal fijo con la rigurosidad necesaria para evitar el deslizamiento.
6. Tenga en consideración la alineación axial de la probeta al momento de asegurarla.
7. Dar clic en reset encerrando todos los valores mostrados en la pantalla.

8. Establecer la velocidad de la prueba lo suficientemente alta para hacer la fluencia insignificante, ingrese las medidas de la probeta.
9. Dar clic en la opción iniciar toma de datos seguido de dar clic en el icono adelante, la cual dará inicio al proceso.
10. Hacer mediciones simultáneas del torque y ángulo de giro y registrar los datos.
11. Al término del ensayo, cuando la probeta llegue a la fractura, detenemos el proceso dando clic en neutro, seguido damos clic en parar toma de datos.
12. Retiramos la probeta de las mordazas de sujeción.
13. Conectar el PLC con la computadora con la Ayuda del Cable de Red y descargar el archivo generado como una extensión CVS.
14. Organizar todos los elementos utilizados para el ensayo donde corresponda, para no alterar el orden del laboratorio.

7. TÉCNICA EXPERIMENTAL

7.1. Obtención de datos

Tabla 1: Datos de la probeta

Diámetro (cm):	
Longitud (cm):	
Velocidad del extensómetro (°/min)	
Sentido de giro	

Tabla 2: Ángulo de giro y momento torsor

Vuelta	Ángulo (°)	Momento torsor (kg.m)

7.2. Procesamiento de datos

En base a los datos obtenidos de ángulo torsor y momento torsor y en base a las fórmulas planteadas se han obtenido los siguientes valores de esfuerzo de corte, módulo de corte y distorsión angular.

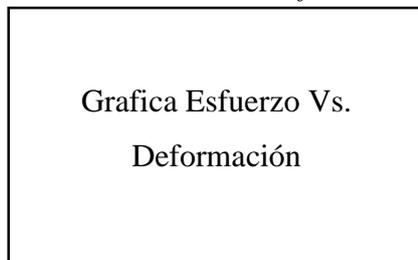
Tabla 3: Datos procesados

Vuelta	Angulo torsor (°)	Momento torsor (kgf m)	Esfuerzo de corte (kgf/m ²)	Módulo de corte (kgf/m ²)	Distorsión angular (rad)

8. RESULTADOS

En base a los datos obtenidos las gráficas son las siguientes:

Gráfica 1: Diagrama esfuerzo vs deformación



Gráfica 2: Torque vs deformación

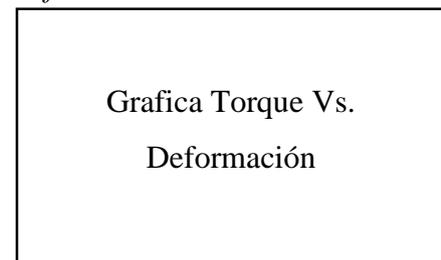


Tabla 4: Resultados obtenidos

Diámetro (m)	
Longitud (m)	
Modulo corte (kgf/m ²)	
Esfuerzo máximo	

(kgf/m ²)	
Par máximo (kgf m)	
<p>Probeta ensayada</p>	

Fig. 9. Probeta ensayada

Angulo máximo (°)	
-------------------	--

Analizaremos las condiciones que establece la norma para la validación de este ensayo si se las cumplió o no, anotaremos lo sucedido con la probeta durante

9. DISCUSIÓN Y ANALISIS

el ensayo, los cambios que tuvo. Se analizará el tipo de fractura para identificar el tipo de material y se hará una discusión de los datos obtenidos.

10. CONCLUSIONES

Redactar conclusiones de acuerdo a los objetivos.

-
.....
.....
-
.....
.....
-
.....
.....

Revise Anexo G.

11. RECOMENDACIONES

-
.....
.....
-
.....
.....
-
.....
.....

12. BIBLIOGRAFÍA

Citar bibliografía (referente a la máquina, referente a la norma, referente a la probeta) con las normas ISO 690.

4.6 Plan de mantenimiento

Para mantener y reparar sistemas electrónicos es necesario realizar un plan de mantenimiento, con el propósito de dar cumplimiento y mejorar las condiciones de un equipo, revisar Anexo J:

El tipo de mantenimiento se asignan según el grado de complejidad. Respecto a los componentes del sistema eléctrico, pulsadores, relés y contactores se recomienda realizar periódicamente una limpieza de los mismos, y revisar su funcionamiento al menos una vez al año.

Para ello es necesario tener presente 3 aspectos:

- Conocer la ubicación de los sensores, comprender su diagrama de conexión eléctrica y tener un diagrama esquemático del conjunto como máquina.
- Conocer los parámetros de operación de los sensores.
- El nivel de inspección a efectuar, los mantenimientos a realizar sean preventivo o correctivo y del período a llevarlos a cabo.
-

Tabla 7-4. Plan de mantenimiento preventivo

Ítem	Control/ Inspección Requerida	Frecuencia de inspección	Mantenimiento	Observaciones
1	Panel de control	1 Año u 8000 horas	MP	Controlar la limpieza y conexiones eléctricas.
2	Fusibles/ baterías	6 meses o 4000 horas	MP	Protección contra sobre corriente.
3	Sensores y transductores	1 año u 8000 horas	MP	Controlar la calibración correcta.
4	Conductores y Cables	5000 horas	MP	Controlar la seguridad; controlar la combustión.

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

4.7 Costos de operación

A continuación, se realiza una descripción de todos los gastos realizados para obtener un valor total de inversión del nuevo sistema de adquisición de datos con la descripción de los equipos del área mecánica y electrónica, los mismos que se han incorporado a la máquina de torsión.

4.7.1 Costo de equipos eléctricos y electrónicos

En la tabla 8-4, podemos visualizar la descripción de los equipos utilizados en el proyecto de repotenciación de la máquina de torsión en el área eléctrica y electrónica, con los que se incorporó el nuevo sistema de adquisición de datos y otros se los realizo pruebas fuera del laboratorio, para determinar si estos estaban en completo funcionamiento, tales como los selectores.

Tabla 8-4. Costo de Equipos

Equipo	Costo unitario	Cantidad	Costo
Gabinete metálico Liviano 400x300x200mm	26,54	1	26,54
Contactador Sirius 3RT2016 120VA 9A (220VAC 3HP)	21,86	2	43,72
Luz 22mm LED CSC verde 110V	1,53	1	1,53
Luz 22mm LED CSC roja 110V	1,39	1	1,39
Selector 22mm 3 pos CSC negro NA+NC	2,24	1	2,24
Pulsador 22mm MET hongo 40mm CSC giro rojo	2,52	2	5,04
Pulsador 22mm plast simple CSC verde NA	1,59	1	1,59
Pulsador 22mm plast simple CSC rojo NC	1,59	1	1,59
PLC-RSC-24DC/21 Phoenix contact	13,53	2	27,06
CPU 1212C AC/DC/RLY 110/220/VAC 8DI/6DO/2A(0-10V)	497,00	1	497
Signal Board SB1224 1AQ(VMA)(S7-1200)	202,00	1	202
Fuente de poder LOGO POWER 110/220VAC 24VD 2.5A	118,00	1	118
Basic KTP400PN color tactil 4" Tecla Fncion	735,00	1	735
Controlador de celda de carga	390,00	1	390
Econder montaje rueda dentada	150,00	1	150
	Subtotal		2202,70
	IVA 12%		264,324
	Total		2467,02

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

4.7.2 Costos por mantenimiento y material de ensayo

En la tabla 9-4, podemos visualizar los costos por mecanizado de mordazas de sujeción, también se les dio un tratamiento térmico, que se lo realizo en el laboratorio de material por lo que no represento un costo adicional, material de soporte para la pantalla HMI. Estos son los materiales utilizados para la repotenciación de la máquina de torsión del laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica.

Tabla 9-4. Costo por Mantenimiento

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Costo
Mecanizado de mordazas de sujeción porta probeta.	18,00	5	90,00
Acero 1018/ varilla de construcción	12,50	2	25,00
Tol para colocar pantalla HMI	15,00	1	15,00
	Subtotal		130,00
	IVA 12%		15,6
	Total		145,6

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

4.7.3 Costo Total

Para concluir con el detalle de los gastos es necesario sumar las dos descripciones de los comprobantes de compra con el propósito de determinar el costo final del proyecto.

Tabla 10-3. Costo Total

Descripción	Costos
Equipos eléctricos y electrónicos	2467,02
Costos por mantenimiento y material de ensayo.	145,60
Total	2612,62

Realizado por: Carolina Pillajo 2017.

Fuente: Autor

Como habíamos indicado este trabajo de repotenciación se justifica debido al ahorro en el presupuesto, a continuación, realizaremos una comparación en la que indicaremos el porcentaje de ahorro que se alcanzó. Como observamos en la tabla 10-4, el costo total de la implementación del nuevo sistema de adquisición de datos es de \$ 2612 dólares con 62 centavos, mientras que el adquirir una máquina nueva tiene un valor de \$30000 dólares, de las mismas características. Entonces del 100% del costo total de una máquina nueva, el proyecto presenta un 8.71% de gastos del total, por lo que se puede decir que se ahorró un 91,29% en este proyecto, logrando supervisar, controlar y adquirir datos a través de una pantalla táctil.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se logró la repotenciación del sistema de adquisición de datos de la máquina de torsión, con la utilización de un PLC S7-1200, CPU 1212 permitiendo restablecer y mejorar las prestaciones originales.
- Se implementó un sensor incremental que junto con el transductor celda de carga nos muestran en tiempo real las variables de torque, el ángulo de giro, guarda cada segundo del ensayo, nos arroja una tabla de Excel con las propiedades del material, con una extensión CVS.
- Trabajamos de acuerdo a la norma ASTM E 143-02.
- Se realizó una guía de laboratorio como también un plan de mantenimiento adecuado para el equipo.
- Se realizó un reemplazo de las mordazas de sujeción de probetas.

5.2 Recomendaciones

- Tomar en cuenta todos los requerimientos, como son el número de entradas al PLC y el número de salidas del mismo.
- Tener en cuenta los diferentes voltajes de funcionamiento al momento de acoplar los sistemas eléctricos y electrónicos y aislar los circuitos mediante interfaces por seguridad.
- Comprobar que los elementos mecánicos se encuentren funcionando adecuadamente, posterior al mantenimiento realizado
- Usar debidamente el EPP, al realizar los ensayos de torsión.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. *Elementos de mando y Señalización.* [en línea], 2015. [Consulta: 31 Diciembre 2017]. Disponible en: https://library.e.abb.com/public/26352578ada4d1d4c125793c003453da/Elementos%20mando%20y%20senalizacion%2022mm_1TXA151023C0701-310.pdf

ADQUISICIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO. *Medida de la posición con encoders.* [en línea]. 20F, 2014, [Consulta: 27 Diciembre 2017]. Disponible en: <http://userssalleur1.edu/~se04635/20F%20Encoders.pdf>.

Alvarado, Rodrigo. “Interruptores termo magnéticos para uso domiciliario”. *Electro Industria.* [en línea], Diciembre de 2011, (Chile),[Consulta: 06 de Enero de 2018]. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1741>

ANDROMIA ROBOTS. “Encoder y Arduino”. *Tutorial sobre el módulo sensor de velocidad IR con el comparador LM393 (Encoder FC-03).* [En línea], V.2.0, 19 Julio 2016. [Consulta: 11 Enero 2018]. Disponible: <http://androminarobot.com/2016/07/en-este-tutorial-mostramos-como-usar-el.html>

ASTM 143-02 INTERNATIONAL. *American Society of Testing Materials, Standard Test Method for Shear Modulus at Room Temperature.*

AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL. *Sistema de control.* [En línea], 2014, [Consulta : 12 Diciembre 2017.] Disponible: <https://sites.google.com/site/automatizacionycontrol4/automatizacion/sistema-de-control>.

AUTRACEN. *Centro de Entrenamiento en Automatización Industrial.* [En línea], Diciembre 2017.[Consulta: 18 Enero 2018.] Disponible: <http://www.autracen.com/lenguajes-de-programacion-siemens/>.

Balcells Sendra, Josep & Romeral Josú, Luís. *Automatas Programables.* Barcelona-España : Marcombo, 2000. ISBN:8426710891.pp. 9-15

BANGGOOD. Module PLC Signal. *Level Voltage Convert.* [En línea], 2015.[Consultado: 21 Diciembre 2017]. Disponible: https://www.banggood.com/es/24V-To-5V-4-Channel-Optocoupler-Isolation-Board-Isolated-Module-PLC-Signal-Level-Voltage-Converter-p-1202788.html?cur_warehouse=CN.

Canto Q, Carlos. *Automatas Programables. Arquitectura Interna del Automata Programable o PLC.*[En línea], 2015 UASPL.[Consultado: 19 Diciembre 2017]. Disponible: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES_CURSO/CAPITUL2.PDF

CENTRO DE CIBERSEGURIDAD INDUSTRIAL. [En línea], Enero 2017, CCI. [Consultado: 17 Octubre 2017]. Disponible: <https://www.ccies.org/documents/10694/304600/Guia+Bolsillo+-+Piramide+de+Automatizacion+Industrial.pdf/4d210379-b950-4d42-82fb-81a271113104>.

DIGITAL ABC. *Digital Tecnología de los pulsadores e interruptores.* [En línea], 16 Mayo 2006. [Consultado: 07 Enero 2018.] Disponible: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/tecnologia-de-los-pulsadores-e-interruptores-904222.html>.

ELTRA. *Encoder incremental descripción general.* [En línea] 2010. [Consultado: 25 Diciembre 2017.] Disponible: <http://motioncontrols.com/descargas/encoders/encoder-eltra.pdf>.

ENERGIZA. *Tendencias actuales de Mantenimiento Industrial.* [En línea] 2017 Renovetec. [Consultado: 28 Diciembre 2017]. Disponible: <http://www.energiza.org/mantenimiento-de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/580-principios-de-mantenimiento-industrial-y-de-instalaciones>.

COMMUNITY FOUNDATION INTERNATIONAL. *Aprende Libre.* [En línea], 2016, GCF. [Consultado: 28 Diciembre 2017]. Disponible: https://www.gcfaprendelibre.org/tecnologia/curso/informatica_basica/empezando_a_usar_un_computador/2.do.

Granollers, Pere Ponsa Antoni. UPC. *Diseño y Automatización Industrial.* [En línea] 2010. [Citado el: 23 de Diciembre de 2017.] Disponible: <https://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>.

Gutiérrez, Ángel; et. al. *Automatismos Industriales.* 1^{era} Ed. Pereira : Taller de Publicaciones Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.

Hernández, Mario Félix Quispealaya. ISSU. [En línea] 15 Noviembre 2017. [Consultado: 18 de Diciembre de 2017.] Disponible: [https://issuu.com/mardenh /do cs/rev ista_aneic__sexta_edici__n/63](https://issuu.com/mardenh/do cs/rev ista_aneic__sexta_edici__n/63).

HONEYWELL INTERNATIONAL. *Honeywell.* [En línea] Agosto 2009. [Consultado: 29 Diciembre 2017.] Disponible: [https://measurementsensors.honeywell.com /Product Doc uments/Torque/Model_2110_Datasheet.pdf](https://measurementsensors.honeywell.com/Product Documents/Torque/Model_2110_Datasheet.pdf).

INGENIERÍA ELECTRÓNICA. *Sistemas de Control Automático.* [En línea] [Consultado: de Octubre 2017.] Disponible: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guiael ectr onica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2013/i/guia-6.pdf>.

Kissell, Thomas E. *Industrial Electronics.* Segunda. s.l. : Prentice Hall PTR, 2004.

Mauriño, Nicolas; et al. *PLC. Controlador Logico Programable*. [En línea] [Consultado: 18 Noviembre 2017.] Disponible: <http://controladoreslogicosprogramables.spot.com/p/clasificacion-de-plc.html>.

PLC. Controlador Lógico Programable. *Automación Micromecánica*. [En línea] 2016. [Consultado: 3 Noviembre 2017.] Disponible: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>.

Rabuñal Dopico, Juan Ramón & Serantes Villadóniga, José Andrés. Universidad da Coruña. [En línea] Noviembre de 2006. [Consultado:18 Noviembre 2017.] Disponible: http://ceres.udc.es/Master_en_Ingenieria_del_Agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Primer_Curso/Tecnicas_Experimentales_en_Hidraulica/Instrumentacion/apuntes_master.pdf.

Rapetti, Gabriel. Inventable. *Introducción a los Reles*. [En línea] 2013. [Consultado: 20 Diciembre 2017.] Disponible: <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles>.

Robles. *El Réle*. [En línea], [Consultado: 27 Diciembre 2017.] Disponible: <http://roble.pntic.mec.es/jlop0164/archivos/rele.pdf>.

Roldán Viloría, José. *Automatismos Industriales*. Madrid-España : Paraninfo, 2011. pp. 12.

SIMATIC S7_1200. *Kits de iniciación SIMATIC S7-1200*. [En línea] [Consultado: 11 Noviembre 2017.]. Disponible: <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200%20-%20Folleto0411.pdf>.

SENA. Servicio Nacional de Aprendizaje. *Controladores lógicos programables*. [En línea], 2005 Virtual. [Consultado: 18 Octubre 2017.] Disponible: <https://davidrojasticsplc.files.wordpress.com/2009/01/plc1s3.pdf>.

SIEMENS A&D FEA. Manual de formación. [En línea] Mayo 2011. [Consultado: 29 Diciembre 2017.] Disponible:http://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/classicmodule/tabcardseiten/documents/anhang/es_i_grundl_s7spa.pdf

SIEMENS AG. *Logo Power*. [En línea] 2017.[Consultado: 19 Diciembre 2017.] Disponible: <http://w3.siemens.com/mcms/power-supply-sitop/es/logo-power/pages/default.aspx>.

SIEMENS TIA PORTAL. Simatic Step 7 Basic. [En línea] Diciembre de 2009, V10.5 [Consultado: 6 Noviembre 2017.] Disponible: https://cache.industry.siemens.com/dl/file/542/40263542/att_829830/v1/GS_STEP7Bas105esES.pdf. A5E02714428-01.

SISTEMA BUS. *Placa Base con sus partes* . [En línea] 8 Octubre 2008. [Consultado: 25 noviembre 2017.] Disponible: <https://davidblog5.wordpress.com/2008/10/08/fig-6-bus-del-sistemapag32/>.

TINIUS OLSEN. *Probadores de torsión.* [En línea], Disponible: <https://www.tiniusolsen.com/list-of-products/torsion-testers>.

TRANSCCELL TECHNOLOGY. *Analog Weight Transmitter NEW 01* [En línea], [Consultado: 09 Enero 2018.] Disponible: <https://shop.transcell.com/wp-content/uploads/2016/06/LCT6-RPA0101-Analog-Weight-Transmitter.pdf>