

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

# FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

# TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

TEMA:

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE."

AUTOR: ORTIZ LIMAICO JUAN CARLOS

DIRECTOR: ING. HERNÁN PÉREZ

IBARRA – ECUADOR 2016



#### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoya los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100318567-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	JUAN CARLOS OR	TIZ LIMAICO	
DIRECCIÓN:	AVENIDA EL RETO	RNO Y PRINCESA PACCHA	
E-MAIL:	juan.carlos061189@gmail.com		
TELÉFONO MÓVIL:	0989328794	TELF. FIJO: 062-652-250	
and a survey loan Carlos	DATOS DE LA OBRA		
ΤΊΤυμο:	"DISEÑO E IMPLEM DIDÁCTICO PARA E NIVEL DE LÍQUIDO EN E EN MANTENIMIENTO EL TÉCNIC	ENTACIÓN DE UN MODULO EL ESTUDIO DE SENSORES DE L LABORATORIO DE INGENIERÍA LÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD CA DEL NORTE."	
AUTOR:	JUAN CARLOS OR	TIZ LIMAICO	
FECHA:	OCTUBRE DEL 20	16	
PROGRAMA:	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MANTEN	IIMIENTO ELÉCTRICO.	
DIRECTOR:	ING. HERNAN PER	EZ	

ii

#### 2. AUTORIZACION DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ortiz Limaico Juan Carlos, con cédula de identidad No. 100318567-3 en calidad de autor y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la Ley de Educación Superior, Articulo 144.

#### 3. CONSTANCIA

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

Firma

Ortiz Limaico Juan Carlos Cédula: 100318567-3 Ibarra, Octubre 2016

iii



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Ortiz Limaico Juan Carlos con cedula de identidad No. 100318567-3 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4.5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.". Que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

Firma

Ortiz Limaico Juan Carlos Cédula: 100318567-3 Ibarra, Octubre 2016



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### CERTIFICACIÓN

Yo Hernán Pérez en calidad de tutor del señor estudiante, Ortiz Limaico Juan Carlos certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE." Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la impresión y empastado.

- fulling

Íng. Hernán Peréz DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DECLARACIÓN

Yo **Ortiz Limaico Juan Carlos** declaro bajo juramento que el trabajo de grado aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Firma

Ortiz Limaico Juan Carlos Cédula: 100318567-3 Ibarra, Octubre 2016

vi



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios ya que me ha brindado la fortaleza para seguir adelante y ayudarme a culminar mi etapa universitaria, a ser perseverante y no rendirme pese a los problemas que se han presentado en el transcurso de la misma.

A mis padres y hermanas y hermano ya que ellos me han brindado permanentemente su apoyo, concejos y con su ejemplo de trabajo, perseverancia, me han incentivado y motivado a lograr cada una de las metas propuestas en mi vida.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### AGRADECIMIENTO

El presente trabajo se lo agradezco a dios por brindarme constancia y perseverancia para la culminación de mi carrera universitaria.

A mis padres Teodoro Ortiz y María Limaico. Por apoyarme y brindarme sus concejos

A mis hermanas Mónica, Anita, Silvia y a mi hermano Armando por darme ánimo y ser parte importante en mi vida.

A Magali Velasco quien me brindó su apoyo y fue incondicional durante mi formación profesional.

A la Universidad Técnica del Norte por haberme permitido formar parte de esta prestigiosa institución.

A todos y cada uno de los docentes que me impartieron su conocimiento brindándome su orientación para mi formación profesional.

A mi director de tesis Ing. Hernán Pérez, quien me guio y orientó en cada uno de los momentos que tuve que dar para la realización del proyecto.

#### RESUMEN

El trabajo de grado detalla el diseño e implementación de un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquido, integra a una interfaz hombre máquina HMI. Este proyecto va enfocado para el estudio de sensores en las asignaturas de instrumentación, control industrial y control de máquinas, donde los estudiantes podrán interactuar con cada uno de sus componentes.

En el primer capítulo se plantea la implementación de un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquido, para el laboratorio de electricidad, que servirá como parte de experimentación profesional para los estudiantes de la carrera. El segundo capítulo detalla el marco teórico, este contiene información necesaria para el diseño del módulo didáctico como son: propiedades de los fluidos, tipos de sensores de nivel, tipos de bombas, cálculo para el sistema de bombeo, conceptos sobre los sistemas de control, dispositivos de control, comunicación y programación del PLC, y una breve descripción del entorno grafico en LabVIEW.

El tercer capítulo se hace referencia la metodología que se utilizará para la realización del proyecto aplicando una investigación, donde será necesario recoger e identificar antecedentes generales, y estará estrechamente ligado con la investigación aplicada ya que estás dan una alternativa de solución al problema y acontecimientos que serán analizados técnicamente de tal forma que puedan entenderse y relacionarse con esta investigación. En el cuarto capítulo se especifica la propuesta tecnológica, se describe: el proceso de diseño del módulo didáctico, el análisis de las pérdidas de flujo en la tubería para el dimensionamiento de la bomba, se justifica la selección de cada uno de sus componentes mediante un criterio técnico, la programación de parámetros del variador de frecuencia, programación del PLC, cálculo del PID utilizando Simulink por medio de MATLAB, la elaboración de la interfaz gráfica para muestreo de valores del sistema y control del módulo didáctico. Finalmente el quinto capítulo se enumera conclusiones y recomendaciones: De acuerdo a las propiedades de los líquidos es preferible escoger el agua como fluido por su bajo grado de viscosidad y así evitar el descaste de la bomba. Antes de poner en funcionamiento el modulo didáctico se debe revisar que el tanque reservorio tenga la cantidad de agua adecuada para su correcto funcionamiento.

#### SUMARY

Degree work details the design and implementation of a training module for the study of liquid level sensors, integrated into a man-machine interface HMI. This project is focused to study subject's sensors in instrumentation, industrial control and machine control, where students can interact with each of its components. In the first chapter the implementation of a training module for the study of liquid level sensors, electricity Laboratory, which will serve as part of experimentation for students professional career arises. The second chapter details the theoretical framework, this contains information needed to design the training module including: fluid properties, types of level sensors, pump types, calculation for the pumping system, concepts of control systems, control devices, communication and PLC programming, and a brief description of the LabVIEW graphical environment. The third chapter referred to the methodology to be used for the project by applying an investigation, where it will be necessary to collect and identify general background, and will be closely linked with applied research and you are given an alternative solution to the problem and events They will be analyzed technically so that they can understand and relate to this research. In the fourth chapter the technological proposal is specified, it described: the process of designing the training module, analysis of flow losses in the pipeline for sizing the pump, the selection of each of its components is justified by a technical criteria, programming parameters of the inverter, PLC programming, PID calculation using MATLAB Simulink through the development of the graphical interface for sampling values and control system training module. Finally the fifth chapter lists conclusions and recommendations: According to the properties of liquids is preferable to choose water as fluid because of its low viscosity grade and avoid descaste pump. Before operating the training module should check that the reservoir tank has the proper amount of water to function properly.

# ÍNDICE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADASvii
DEDICATORIA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS viii
AGRADECIMIENTO viii
RESUMENix
SUMARYix
ÍNDICExi
CAPÍTULO I 1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 1
1.1 ANTECEDENTES 1
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA
1.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL
1.3.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL
1.3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
1.5 OBJETIVOS:
1.5.1. OBJETIVO GENERAL
1.5.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
1.6 JUSTIFICACIÓN
CAPITULO II
2. MARCO TEÓRICO 5
2.1. FLUIDOS
2.2 PROPIEDADES
2.3 DENSIDAD
2.5 FORMA Y VOLUMEN

2.6 VISCOSIDAD	6
2.7 FLUIDEZ	6
2.8 CAVITACIÓN	6
2.9. FLUJO	6
2.10 PRESIÓN	7
2.11. CAUDAL	7
2.12. MEDICIÓN DE NIVEL LÍQUIDOS 17	1
2.12.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN INDIRECTA1	1
2.12.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN DIRECTA 17	1
2.13 MEDIDORES DE NIVEL 12	2
2.14 MÉTODO DE MEDICIÓN CONDUCTIVO 12	2
2.15 MÉTODO CAPACITIVO 13	3
2.16 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL	3
2.17.1. TIPOS DE VÁLVULAS 14	4
2.17.2 VÁLVULA DE RETENCIÓN O CHECK 14	4
2.17.3 VÁLVULA DE BOLA 14	4
2.18 BOMBA AGUA14	4
2.18.1 BOMBA PERIFÉRICA1	5
2.19 SISTEMAS DE CONTROL	5
2.19.1 TIPOS DE CONTROL 1	5
2.19.2 CONTROL MANUAL 1	5
2.19.3 CONTROL AUTOMÁTICO 1	5
2.19.4 CONTROL ON/OFF 16	6
2.20 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO 16	6
2.20.1 DIAGRAMA DE BLOQUES 16	6
2.20.2 PARTES DE UN SISTEMA DE CONTROL 17	7

VARIABLE CONTROLADA Y SEÑAL DE CONTROL O VARIABLE	
MANIPULADA	. 17
2.21 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	. 18
2.2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	. 18
2.22 COMPARACIÓN ENTRE ESTOS DOS TIPOS DE SISTEMAS	. 19
2.23. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	. 19
2.23.1 PLC MICROLOGIX 110	. 19
2.23.3. IDENTIFICACIÓN (PARTE EXTERNA) MICROLOGIX 1100	. 19
2.23.4 CICLO DE OPERACIÓN DE UN PLC	21
2.23.5 COMUNICACIÓN RS- 485	. 22
2.23.6 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.	. 22
2.24 CONTROL PID	. 23
2.24.1 EL CONTROLADOR PID	. 23
2.24.3 CUANDO SE PUEDE UTILIZAR EL CONTROL PID	. 23
2.24.4 CUANDO ES EL CONTROL PI SUFICIENTE	. 24
2.24.6 CONTROL PROPORCIONAL	. 24
2.24.7 CONTROL PD	. 25
2.24.8 CONTROL PI	. 25
2.26 QUÉ ES SIMULINK	. 26
2.27 SISTEMAS HMI	. 26
2.28 VARIADOR DE FRECUENCIA.	. 27
2.27.1. ESTRUCTURA EXTERNA	. 27
2.27.2 ESTRUCTURA INTERNA	. 27
2.28 ¿QUÉ ES LABVIEW	. 28
2.28.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	. 28
2.28.2 VARIABLES NUMÉRICAS	. 28
2.29 COMUNICACIÓN ETHERNET	. 29

CAPITULO III	. 30
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	. 30
3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	. 30
3.1.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	. 30
3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA	. 30
3.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS	. 30
3.2. MÉTODOS	. 30
3.2.1 ANALÍTICO	. 30
3.3 EXPLORATORIO	. 31
3.4 TÉCNICAS	. 31
3.4.1 TÉCNICAS DE FICHAJE	. 31
3.4.2 DISEÑO TÉCNICO Y TECNOLÓGICO	. 31
3.5 FUNCIONAMIENTO	. 31
3.1.7. SIMULACIÓN (HMI)	. 31
CAPITULO IV	. 32
4 PROPUESTA TECNOLÓGICA	. 32
4.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA	. 32
4.1.1 JUSTIFICACIÓN	. 32
4.2 OBJETIVOS	. 32
4.2.1 OBJETIVO GENERAL	. 32
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL	. 32
4.1. DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL	. 33
4.1.1. DISEÑO DEL TANQUE DE CONTROL	. 34
4.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL VIDRIO	. 35
4.3 TUBERÍAS	. 36

4.4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN LA ENTRADA DEL TANQUE DE CONTROL
4.5 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA DE ½" EN LA ENTRADA DEL TANQUE PRINCIPAL
4.6 ELECCIÓN DEL SENSOR MÁS ADECUADO PARA EL SISTEMA 44
4.6.1 VENTAJAS DEL SENSOR DE TIPO FLOTADOR
4.6.2 DESVENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR 44
4.6.3 APLICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR 45
4.6.4. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR
4.7. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA 45
4.8. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA. (VÁLVULA DE BOLA)
4.10 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA
4.11 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC 49
4.12 REPRESENTACIÓN ELÉCTRICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO 50
4.13 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS
4.13.1 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA
4.13.2 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR 52
4.14 DISEÑO DEL HMI
4.15 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC
4.16 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL 59
4.17 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LABVIEW 62
4.18 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW
4.18.1 LECTURAS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS
4.18.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS 63
4.18.2 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL 64
4.18.3 CONTROL PID
4.18.4 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID 65

4.19 CALCULO DEL PID	. 69
PRACTICA 1. CONTROL ON/OFF	72
1. TEMA	.73
1.1 OBJETIVOS	73
1.2 CONTROL ON-OFF	73
1.3 SENSOR ANALOGICO	74
1.4 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1100	74
1.5 LENGUAJE DE PROGRAMACION	74
1.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	74
1.7 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	75
1.8 CONCLUSIONES	.76
1.9 RECOMENDACIONES	.77
PRACTICA 2 MEDICION DE VARIABLES Y ADQUISICIÓN	DE
DATOS	84
1. TEMA	85
1.2 OBJETIVOS	85
1.3 CONTROL ON-OFF	85
1.4 CONEXIÓN DEL SENSOR	85
1.5 PLC ALLEN BRADLEY MRICROLOGIX 1100	85
1.6 ENTRADAS ANALOGICAS	85
1.7 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	86
1.8 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	86
1.9 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	86
2. DATOS VOLTAJE SENSOR, RPM	87
2.1 CONCLUCIONES	88
	00

CAPITULO V 9	97
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1 CONCLUSIONES	97
5.2 RECOMENDACIONES	98
5.3 BIBLIOGRAFÍA 9	99
5.4 LINKOGRAFIA 10	)2
ANEXO A2 COEFICIENTES DE RESISTENCIA K EN LO	)S
ACCESORIOS10	)5
ANEXO B. TABLA DE COEFICIENTE EN TUBERÍA DE PROPILENO 10	)7
ANEXO C DIAGRAMA DE MOODY 10	)8
ANEXO D. DIAGRAMA DE FUERZA 10	)9
ANEXO E. DIAGRAMA DE CONTROL 11	10
ANEXO F. PANEL FRONTAL DE LABVIEW	11
ANEXO G. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW	12
ANEXO H. LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN 11	13
ANEXOS FOTOGRÁFICOS 12	25
ANUAL DE USUARIO 12	28
DESCRIPCIÓN DEL MODULO 12	29

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº. 1 Características técnicas del PLC MicroLogix 1100 21
TABLA Nº. 2 Resumen de control PID 24
TABLA Nº. 3 Descripción y características de los elementos a ocupar en el módulo.
TABLA Nº. 4 Selección del grosor del vidrio
TABLA Nº. 5 Tubería utilizada en la instalación
TABLA Nº. 6 Cálculo del factor K en la tubería 1" y reducción a ½"
TABLA Nº. 7 Análisis de pérdidas en tubería de ½" en la entrada del tanque
principal
TABLA Nº. 8 Especificaciones de la bomba 46
TABLA Nº. 9 Parámetros ingresados 51
TABLA Nº. 10 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel
TABLA Nº. 1 Descripción de los componentes del tablero de control
TABLA Nº. 2 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA №.	1 Universidad Técnica del Norte	3
FIGURA Nº.	2 Propiedades de los líquidos	5
FIGURA Nº.	3 Medición indirecta	. 11
FIGURA Nº.	4 Clasificación sensores de nivel	. 12
FIGURA Nº.	5 Método conductivo	. 13
FIGURA №.	6 Método capacitivo	. 13
FIGURA №.	7 Válvula Check	. 14
FIGURA №.	8 Válvula de bola	. 14
FIGURA №.	9 Clasificación sensores de nivel	. 15
FIGURA №.	10 Control On/Off.	. 16
FIGURA №.	11 Sistema de control de lazo abierto	. 18
FIGURA №.	12 Sistema de Control de Lazo Cerrado	. 18
FIGURA №.	13 Ciclos de operación de un PLC	. 22
FIGURA №.	14 Control PID	. 23
FIGURA №.	15 Control Proporcional	. 25
FIGURA №.	16 Control Derivativo.	. 25
FIGURA Nº.	17 Control Proporcional Integral.	. 26
FIGURA №.	18 Variador de frecuencia	. 27
FIGURA №.	19 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna	. 27
FIGURA №.	20 Variables Numéricas	. 28
FIGURA Nº.	21 Esquema del Módulo Didáctico de Control de Líquidos	. 33
FIGURA Nº.	22 Dimensiones del tanque del control	. 34
FIGURA Nº.	23 Dimensiones tanque reservorio	. 35
FIGURA №.	24 Elección del sensor	. 44

FIGURA Nº.	25 Rango de medición del sensor flotante	. 45
FIGURA Nº.	26 Válvula de Bola	. 46
FIGURA Nº.	27 Electroválvula 24[V]	. 47
FIGURA Nº.	28 Variador de frecuencia Ls iE5	. 47
FIGURA №.	29 Esquema del cableado del variador de frecuencia	. 48
FIGURA №.	30 Función de las borneras.	. 48
FIGURA №.	31 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA):	. 49
FIGURA №.	32 Esquema general de cableado (1763-L16BWA).	. 49
FIGURA №.	33 Terminales de conexión (1762-IF2OF2)	. 50
FIGURA №.	34 Ingreso de la Ip del PLC	. 52
FIGURA №.	35 Ingreso de la Ip MAC del PLC	. 52
FIGURA №.	36 Comunicación BOOTP/ DHCP	. 52
FIGURA Nº.	37 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador	. 53
FIGURA №.	38 Ventana Channel Configuration	. 53
FIGURA Nº.	39 Creación de un New Channel	. 54
FIGURA №.	40 Configuración de Channel name	. 54
FIGURA №.	41 Selección del PLC y comunicación	. 55
FIGURA Nº.	42 New Channel – Network Interface	. 55
FIGURA Nº.	43 Ventana Device name	. 56
FIGURA Nº.	44 ventana Device model	. 56
FIGURA Nº.	45 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC	. 57
FIGURA Nº.	46 Ventana New Device – Scan Mode	. 57
FIGURA Nº.	47 Ventana Tag Properties	. 58
FIGURA Nº.	48 Tag Properties – Bolean	. 58
FIGURA №.	49 Ventana Client access	. 59
FIGURA Nº.	50 Ventana propiedades de etiqueta de variables	. 59

FIGURA Nº.	51 curva de linealidad del sensor vs setpoint	. 61
FIGURA Nº.	52 Ventana Create Project.	. 62
FIGURA №.	53 Ventana New Library	. 62
FIGURA №.	54 Ventana New I/O Server	. 63
FIGURA №.	55 Ventana lecturas y visualización de datos	. 63
FIGURA №.	56 Generación de reporte de datos	. 64
FIGURA №.	57 Ventana de indicadores de nivel	. 64
FIGURA №.	58 Ventana del PID	. 65
FIGURA №.	59 Ventana datos de setpoint y nivel	. 65
FIGURA Nº.	60 ingreso de datos de Nivel y Setpoint	. 66
FIGURA Nº.	61 Ventana de System Identification	. 66
FIGURA №.	62 Ventana de Time Domain Data	. 67
FIGURA №.	63 Ventana Import Data	. 67
FIGURA №.	64 Ventana de selección Quick Start	. 68
FIGURA Nº.	65 Ventana Trasnfer Funtion Models	. 68
FIGURA Nº.	66 Ventana de ingreso de polos y ceros	. 68
FIGURA Nº.	67 Ventana de función de transferencia	. 69
FIGURA Nº.	68 ventana de simulink	. 69
FIGURA Nº.	69 Ventana de PID	. 70
FIGURA №.	70 Ventana PID	. 70
FIGURA Nº.	71 ventana de PID refinado	. 70
FIGURA Nº.	72 ventana PID Tuner	. 71
FIGURA №.	1 Control on-off	.73
FIGURA №.	2 Diagrama de funcionamiento de un sensor analogico	.74
FIGURA Nº.	3 Interfaz grafica control on off	.78
FIGURA №.	4 Diagrama de bloques control on-off	.79

FIGURA Nº. 5 F	Programacion del PLC	80
FIGURA Nº. 6 F	Programacion del PLC	81
FIGURA Nº. 7 F	Programacion del PLC	82
FIGURA Nº. 8 F	Programacion del PLC	83
FIGURA Nº. 1 [	Diagrama de conexión del sensor	86
FIGURA Nº. 2 C	Obtencion de datos	87
FIGURA Nº. 3 L	Lineas de programacion PLC	90
FIGURA Nº. 4 L	ineas de programacion PLC	91
FIGURA Nº. 5 L	Lineas de programacion PLC	92
FIGURA №. 6 L	_ineas de programacion PLC	93
FIGURA Nº. 7 L	_ineas de programacion PLC	94
FIGURA Nº. 8 I	nterfaz grafica practica 2	95
FIGURA Nº. 9 D	Diagrama de bloques practica 2	96

### INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1	7
ECUACIÓN 2	7
ECUACIÓN 3	7
ECUACIÓN 4	8
ECUACIÓN 5	8
ECUACIÓN 6	9
ECUACIÓN 7	9
ECUACIÓN 8	9
ECUACIÓN 9	10
ECUACIÓN 10	10
ECUACIÓN 11	10
ECUACIÓN 4	
ECUACIÓN 5	
ECUACIÓN 6	
ECUACIÓN 7	39
ECUACIÓN 8	39
ECUACIÓN 9	40
ECUACIÓN 6	41
ECUACIÓN 7	41
ECUACIÓN 8	41
ECUACIÓN 9	
ECUACIÓN 10	
ECUACIÓN 11	43
ECUACIÓN 12	43

#### **CAPÍTULO I**

#### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 ANTECEDENTES.

En la actualidad la mano del hombre ya no es tan necesaria para controlar todos aquellos equipos y artefactos que utilizaremos diariamente. Hoy en día, existe la posibilidad de que ciertos sistemas específicos puedan controlar y/o manejarse por sí solos convirtiéndose en parte importante de los procesos industriales modernos.

Los elementos mediante los cuales se adquieren los parámetros que se desean controlar sin la intervención de la mano del hombre se denominan sensores o actuadores. Dependiendo de la variación de la magnitud que controlen podríamos tener el siguiente listado básico: El termostato (Cambios de temperatura), Interruptor crepuscular (Cambios de luz solar), temporizador (Cambios del tiempo), hidronivel (controlador de nivel de agua), etc.

Los beneficios que se obtienen de un sistema de control automático son: confort para ejecutar el funcionamiento de sistemas o artefactos desde cualquier lugar por medio de un control automático. En los procesos industriales la medición y el control de las variables de nivel son continuos, junto a un proceso se requiere del control y medición de volúmenes de líquidos o; bien en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame; la medición de estos parámetros dentro de un recipiente parece sencilla pero puede convertirse en un problema relativamente difícil en los siguientes casos: cuando el material es corrosivo o abrasivo, al exponerlo a altas presiones, si es radioactivo o si se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles o cuando es prácticamente imposible mantenerlas.

El control de nivel se lo ejecuta entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de las industrias para controlar y medir el nivel de los líquidos, y se pueden medir mediante dispositivos eléctricos y electrónicos.

En la actualidad en nuestro país la instrumentación virtual sigue siendo una de las opciones favoritas para construir sistemas de automatización y control de procesos. Sin lugar a duda más y más sistemas están aprovechando la tecnología del PC

para aplicaciones de sistemas automatizados. Por esta razón se ve en la necesidad de desarrollar nuevos conocimientos teóricos y prácticos que conlleven a satisfacer las necesidades de un proceso en las industrias.

### **1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Durante los últimos años, el tema de la calidad de la educación se ha encontrado al centro del debate en nuestro país. Los cuestionamientos y demandas provienen tanto desde los directamente afectados, alumnos y docentes, como desde diversos actores sociales, políticos y académicos.

Pareciera existir un consenso acerca de que el sistema educativo enfrenta serios problemas de calidad por falta de conocimientos prácticos razón por la cual los laboratorios deben estar bien implementados para realizar las diferentes prácticas.

La implementación de un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquido para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico será primordial para desarrollar experiencia y técnica, ya que despertará el interés de los integrantes del grupo para investigar los conceptos, tipos, características y operación de los elementos a utilizarse. Se requiere en el laboratorio de control automático un sistema modular, que esté enfocado a las normas de operación establecidas por los equipos eléctricos a utilizarse.

### 1.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.

### 1.3.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.

Este trabajo de grado se llevará a cabo desde el mes de septiembre del 2015 hasta el mes de agosto de 2016, tiempo en el cual se estima la entrega del trabajo final y el correcto funcionamiento del módulo didáctico.

### 1.3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación se desarrollara en la provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia el Sagrario, en la "Universidad Técnica del Norte" Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, laboratorio de Electricidad.



FIGURA Nº. 1 Universidad Técnica del Norte

#### 1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo diseñar e implementar un módulo didáctico que permita el estudio de sensores de nivel de líquido de forma manual y automática, a partir de un PLC, elaborando un control PID de nivel y comunicación con el computador mediante un interfaz hombre máquina (HMI), en el laboratorio de Ingeniería de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, período 2015-2016.

#### 1.5 OBJETIVOS:

#### 1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquidos, para el laboratorio de electricidad de la Universidad Técnica del Norte.

#### 1.5.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar el acondicionamiento del sensor a utilizarse módulo de control de nivel, seguido de un control automático PID, a partir de un PLC.
- Elaborar el módulo de control de nivel que permita adquirir datos de la variable para pruebas de control.
- Implementar una interfaz (HMI) adecuada al sistema, para la visualización de las diferentes señales del sistema de control.

• Realizar una guía de funcionamiento y manejo de operación del módulo.

### 1.6 JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad la formación profesional de las carreras técnicas deben cumplir con el equipamiento y las condiciones necesarias para trabajar con las comodidades adecuadas para un mejor rendimiento académico, y cumplir con la visión que tiene planteada la Universidad Técnica del Norte de formar profesionales de alta calidad.

Este módulo ayudará a los estudiantes a comprender mejor los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica y permitirá ser más competitivos en el área industrial al finalizar sus estudios y llegar a ser buenos profesionales como el mundo moderno lo requiere.

Un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquidos, permitirá comprender el funcionamiento de este sistema, su modo de operación, proceso de pruebas, monitoreo de la variable a controlar, una interfaz gráfica en Lavbiew (HMI), un PLC, una bomba y consecuentemente un mejor rendimiento académico llevando a que la carrera se encuentre en la élite de formación de profesionales eléctricos.

### CAPITULO II

# 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. FLUIDOS

Los fluidos se muestran en forma de líquidos o gases según la intensidad de sus fuerzas intermoleculares existentes, cuando se vierte un líquido a un recipiente, el líquido ocupará el volumen o la forma parcial del recipiente.

### 2.2 PROPIEDADES



FIGURA Nº. 2 Propiedades de los líquidos

#### 2.3 DENSIDAD

Cengel & Cimbala (2006) menciona. "La densidad se define como masa por unidad de volumen" (p. 37).

#### 2.5 FORMA Y VOLUMEN

El volumen de un líquido es constante pero no tiene una forma fija debido a las intensas fuerzas de presión que existen entre ellas. (Cengel & Cimbala 2006)

#### 2.6 VISCOSIDAD

Se define al esfuerzo cortante, como la fuerza que se requiere para que una unidad de área de una sustancia se deslice sobre otra" (Mott, 2006).

#### 2.7 FLUIDEZ

La fluidez es la capacidad del líquido de moverse continuamente por un ducto o conductor.

#### 2.8 CAVITACIÓN

La cavitación es un fenómeno que consiste en la formación de burbujas de aire debido al cambio de dirección del flujo del líquido.

#### 2.9. FLUJO

El flujo se define como el paso de un fluido por un conductor en una unidad de tiempo.

#### a) FLUJO LAMINAR

El flujo laminar se lo conoce por las líneas de corriente suaves al paso del fluido.

#### b) FLUJO TURBULENTO

El flujo turbulento se produce debido a las oscilaciones de velocidad en las paredes del conductor y el movimiento desordenado del líquido.

### 2.10 PRESIÓN

Presión es una fuerza normal que ejerce el líquido al pasar por unidad de área.

# ECUACIÓN 1

 $P = \rho \times g \times h$ 

Dónde:

- $\rho$ = Densidad del agua [Kg/m^3]
- $g = \text{Gravedad}\left[\frac{m^2}{s}\right]$
- h = Altura del tanque [m]

### 2.11. CAUDAL

Volumen de líquido que se transporta por unidad de tiempo que circula por un sistema de ductos

## ECUACIÓN 2

Q = v \* A

Dónde:

- $Q = \text{Caudal volumétrico } \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$
- v = Velocidad del fluido. [m<sup>2</sup>/s]
- A =Área transversal de paso  $\left[\frac{v}{s}\right]$

# A. PRESIÓN HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática es la fuerza que ejerce el líquido de forma perpendicular sobre la superficie del objeto sumergido. La presión hidrostática se calcula con la siguiente ecuación:

# ECUACIÓN 3

 $P = \rho \times g \times h + Po$ 

Dónde:

P= Es la presión hidrostática [Pa]  $\rho$ = es la densidad del líquido. [ $\frac{kg}{m^3}$ ] g= es la aceleración de la gravedad. [m<sup>2</sup>/s] h= es la altura del fluido [m] Po= es la presión atmosférica [Pa]

## A. ÁREA DEL PASO DEL FLUIDO

## **REDUCCIÓN DE TUBERÍA**

ECUACIÓN 4

$$K = \left[1 - \left(\frac{d1}{d2}\right)^2\right]^2$$

ECUACIÓN 5

$$A=\frac{\pi D^2}{4}$$

Dónde:

A =Área transversal del paso del fluido.

D=Diámetro interno de la tubería.

### B. Velocidad en la tubería.

Expresamos estas características diciendo que: "para un mismo caudal la velocidad del líquido aumenta cuando disminuye el diámetro del ducto y viceversa. (Czekaj, 1998)

### **ECUACIÓN 6**

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

Q = Caudal total  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$ 

A=Área de la tubería [m]

#### C. CÁLCULO DEL NÚMERO DE REINOLS.

El número de Reinols (*Re*) es un parámetro adimensional relacionado con las características del flujo, que influye notablemente en el valor de pérdidas de carga empleándose en ocasiones también para delimitar el campo de validez de las distintas expresiones de la ecuación de pérdidas más utilizadas. (Cañadas, 1993)

#### ECUACIÓN 7

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = número de Reynolds.

$$\rho$$
 = densidad [Kg/m<sup>3</sup>]

d = diámetro [m]

v = velocidad de flujo [m/s]

 $\mu$  = viscosidad [Ns/m<sup>2</sup>]

#### E. RUGOSIDAD RELATIVA DE LA TUBERÍA

#### **ECUACIÓN 8**

$$\varepsilon r = \frac{\varepsilon}{d}$$

Dónde:

Er: Rugosidad relativa

ε: Rugosidad del material [m]

d: Diámetro interno de la tubería [m]

#### F. Perdidas de Carga

#### ECUACIÓN 9

$$hl = \frac{1}{2*g} \left[ \left( \frac{Q1}{Q2} \right)^2 \left( f * \frac{L1}{D1} + k \right) + \left( \frac{Q2}{Q1} \right)^2 \left( f * \frac{L2}{D2} + k \right) \right]$$

Dónde:

- f =Coeficiente de Fricción.
- $g = Gravedad [m/s_2].$
- d= Diámetro interno de la tubería [m].

#### G. ALTURA DINÁMICA.

#### **ECUACIÓN 10**

ha = hl + (Z2 - Z1)

Dónde:

Z2 = Diámetro de la tubería de entrada

Z1 = Diámetro de la tubería de salida

#### H. Potencia teórica.

### ECUACIÓN 11

#### Pteorica = ha \* p \* g \* Qtotal

ha = Altura dinámica [m]

 $p = \text{Densidad del líquido } [\frac{kg}{m^3}]$ 

 $g = \text{Gravedad}\left[\frac{m^2}{s}\right]$ 

 $Qtotal = Caudal total \left[\frac{m^3}{s}\right]$ 

### 2.12. MEDICIÓN DE NIVEL LÍQUIDOS

#### 2.12.1 Métodos de medición indirecta

La medición indirecta se la realiza en recipientes o tanques cerrados mediante instrumentos de medición: sensores actuadores y transmisores.

#### 2.12.2 Métodos de medición directa

Creus, (2010) menciona. El *medidor de sonda* consiste en una varilla o regla graduada de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el tanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se utiliza, generalmente, en tanques de fuel-oil o gasolina. (p. 196).



FIGURA №. 3 Medición indirecta Fuente: Creus. 2010

#### 2.13 MEDIDORES DE NIVEL

Los medidores de nivel de líquidos actúan midiendo directamente la altura del nivel mediante una referencia gráfica en el tanque o mediante un desplazamiento producido por un flotador por el propio líquido que almacena el tanque.



FIGURA Nº. 4 Clasificación sensores de nivel

### 2.14 MÉTODO DE MEDICIÓN CONDUCTIVO

Creús (1997) dice. Consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor.(p. 207).



Fig. 5.12 Medidor de nivel conductivo.

FIGURA Nº. 5 Método conductivo Fuente: Creus.1997

### 2.15 MÉTODO CAPACITIVO

Creus (1997) Habla. "El medidor capacitivo mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido." (p. 209).



FIGURA Nº. 6 Método capacitivo Fuente: Creus.1997

### 2.16 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

Una válvula es un dispositivo mecánico destinado a controlar, retener, regular o dar paso a un fluido.
# 2.17.1. TIPOS DE VÁLVULAS

# 2.17.2 VÁLVULA DE RETENCIÓN O CHECK

La válvula check es un dispositivo mecánico que utilizada en industrias para dejar pasar el líquido en una sola dirección.



FIGURA Nº. 7 Válvula Check Fuente http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas

# 2.17.3 VÁLVULA DE BOLA

Creus (2010) dice. En estas válvulas, el cuerpo tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de esfera o de bola (de ahí su nombre). La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. (p. 386).



FIGURA Nº. 8 Válvula de bola Fuente: http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas

### 2.18 BOMBA DE AGUA

Es un dispositivo eléctrico de bombeo que transforma la energía mecánica en energía de presión y velocidad del fluido.



FIGURA Nº. 9 Clasificación sensores de nivel

### 2.18.1 BOMBA PERIFÉRICA

Es conocida como bomba de turbina porque produce gran cantidad de remolinos en velocidades muy altas, se utiliza; para para bombear líquidos a grades distancias o alturas.

### 2.19 SISTEMAS DE CONTROL

#### 2.19.1 TIPOS DE CONTROL

#### 2.19.2 CONTROL MANUAL

En este tipo de control, nos muestra respuestas de la variable de salida, son conseguidas mediante operaciones controladas por el hombre.

#### 2.19.3 CONTROL AUTOMÁTICO

Este control muestra respuestas de la variable de salida que son conseguidas automáticamente mediante una interfaz gráfica sin manipular el elemento de control. Este tipo de control se puede clasificar en sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado.

#### 2.19.4 CONTROL ON/OFF

El control on/off posee dos posiciones fijas, encendido y apagado. Este controlador es el más simple. El dispositivo posee dos estados de operación en el cual si la señal es positiva el dispositivo permanecerá activo ya que es un dispositivo normalmente cerrado.



FIGURA Nº. 10 Control On/Off. Fuente: West instruments, 2005

### 2.20 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

Un sistema de control automático posee varios componentes. Para mostrar las funciones de cada componente en la ingeniería de control, se usa la representación de diagrama de bloques.

#### 2.20.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Ogata (2010) menciona. Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar de forma más realista el flujo de las señales del sistema real. (p. 17).

#### 2.20.2 PARTES DE UN SISTEMA DE CONTROL

# VARIABLE CONTROLADA Y SEÑAL DE CONTROL O VARIABLE MANIPULADA.

Ogata (2010) propone. La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La señal de control o variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Normalmente, la variable controlada es la salida del sistema. *Controlar* significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado. (p. 3).

- **Planta:** La planta es un conjunto de elementos que funcionan juntos y cuyo objetivo es efectuar una operación particular.
- Proceso: Un proceso es una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que suceden unos a otros de una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinado.
- **Sistema:** Un sistema es una combinación de varios componentes que actúan juntos y realizan un objetivo deseado.
- **Perturbaciones:** Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la señal de salida de un sistema.
- Control realimentado: El control realimentado se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y alguna entrada de referencia. (Ogata, 2010)

#### 2.21 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

#### 2.2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

Ogata (2010) habla. "Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada". (p 8).



FIGURA Nº. 11 Sistema de control de lazo abierto

#### 2.21.2 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO

Ogata (2010) habla. Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. (p. 7).



FIGURA Nº. 12 Sistema de Control de Lazo Cerrado

## 2.22 COMPARACIÓN ENTRE ESTOS DOS TIPOS DE SISTEMAS

Debe señalarse que, los sistemas en los que se conocen con anticipación las entradas y los cuales no hay perturbaciones, es aconsejable emplear un control de lazo abierto. Los sistemas de control en lazo cerrado solo tienen ventajas cuando se presentan perturbaciones y/o variaciones imprescindibles en los componentes del sistema. (Ogata, 2010)

# 2.23. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Es un conjunto de dispositivos, que remplaza a los circuitos secuenciales de relés, generalmente utilizados en control de procesos. (Regué, 1997)

#### a. Siemens.

#### **Características:**

- Es un PLC de gran confiabilidad gracias a su robustez ante condiciones no recomendables de funcionamiento.
- Posee un lenguaje de programación muy versátil,
- Alta confiabilidad hace sumamente costosa la adquisición junto con cada uno de sus equipos externos.
- b. Allen Bradley. Es una marca de gran confiablidad y de buen desempeño, cuyo principal mercado es el sector industrial, debido a su costo moderado, posee un lenguaje de programación sencillo y su software de programación tiene una interfaz automática, consta con una gran gama de aplicaciones desde simples hasta muy complejas.

### 2.23.1 PLC MICROLOGIX 110

### 2.23.3. IDENTIFICACIÓN (PARTE EXTERNA) MICROLOGIX 1100

MicroLogix 1100 Módulos de memoria y reloj incorporado en tiempo real; El controlador tiene un reloj incorporado en tiempo real para proporcionar una referencia para aplicaciones que necesitan un control basado en el tiempo. El

controlador se envía con una cubierta del puerto del módulo de memoria en su lugar. Puede ordenar un módulo de memoria, 1763 - MM1, como un accesorio.

El módulo de memoria proporciona copia de seguridad opcional del programa de usuario y datos, y es un medio para el transporte de sus programas entre los controladores.

El programa y los datos del MicroLogix 1100 se almacenan cuando la energía se pierde en el controlador. El módulo de memoria ofrece copia de seguridad adicional que se puede almacenar por separado.

- 1.- Salida digitales (6 de relé).
- 2.- Conector de la batería
- 3.- Conector de la interfaz de bus
- de expansión de E / S
- 4.- Batería
- 5.- Entradas digitales (6 de 24VCC,

4 rápidas 24 VCC, 2 entradas analógicas).

6.- Pantalla LCD

7.- LCD Pantalla Teclado (ESC,

OK , Arriba, Abajo , Izquierda, Derecha)

8.- LEDs de estado

9.- Memoria del módulo de tapa del puerto (1) O bien del módulo de memoria (2)

10.- En carril DIN Cierres

11.- RS -232/485 Puerto de comunicación ( Canal 0 , aislado )

12.- Puerto Ethernet (Canal 1)





MicroLogix 1100	1763-L16BWA-B		
Alimentación de entrada	120/240 VAC		
Memoria	RAM no volátil con respaldo de batería		
Registro de datos	Hasta 128Kb para registro de datos y 64Kb para recetas		
Entradas digitales	6 de 24VCC, 4 rápidas 24 VCC		
Entradas analógicas	Incorporadas, 2 en local		
Salidas digitales	6 de relé		
Puertos en serie	Un Puerto combinado RS-232 y RS-485		
Protocolos en serie	DF1 Full Duplex, DF1 half-duplex maestro/esclavo		
Protocolos Ethernet	Transmisión de mensajes Ethernet IP solamente		
Potenciómetro de ajuste	Dos digitales		
Entradas de alta velocidad (captación de pulsos)	4 a 20HZ		
Reloj en tiempo real	incorporados		
PID	Si(múltiples lazos limitados solo por la memoria del programa y pilas)		
Matemática de punto flotante	Si		
Edición en línea	Si		

### TABLA Nº. 1 Características técnicas del PLC MicroLogix 1100.

Fuente: Manual de usuario MicroLogix 1100

# 2.23.4 CICLO DE OPERACIÓN DE UN PLC



FIGURA Nº. 13 Ciclos de operación de un PLC

### 2.23.5 COMUNICACIÓN RS- 485

Según National Instruments: la comunicación RS-485 es una mejora significativa sobre RS-422 y la RS- 232 ya que se incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima. Gracias a esta capacidad, es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección ideal de muchas aplicaciones industriales.

### 2.23.6 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.

El controlador lógico programable (PLC) MicroLogix 1100 utiliza un paquete de programación de lógica en escalera, que permite una comprensión clara del sistema donde el programa RSLogix 500 permite la maximización del tiempo, la reducción del tiempo en el desarrollo del proyecto.

### 2.24 CONTROL PID



FIGURA Nº. 14 Control PID Fuente: (Hagglund. 2009)

### 2.24.1 EL CONTROLADOR PID

El algoritmo PID se puede describir como:

#### 2.24.3 CUANDO SE PUEDE UTILIZAR EL CONTROL PID

Hagglund y Åström (2009) menciona. Hay muchos requisitos sobre un sistema controlado. Debería responder bien a los cambios en el punto de consigna, debería producir acciones excesivas de control, y el sistema debería ser insensible a las variaciones del proceso.

El diseño de un sistema de control también envuelve aspectos de dinámica de proceso, saturación del actuador, y características de la perturbación. Puede parecer que un controlador tan sencillo como el controlador PID pueda trabajar tan bien. La observación empírica general que es la mayoría de los procesos industriales se pueden controlar razonablemente bien con control PID a condición de las demandas sobre el comportamiento del control a condición de que las demandas sobre el comportamiento del control no sean demasiado exigentes.

#### TABLA Nº. 2 Resumen de control PID

Tipo de Control	Tiempo de Subida	Sobre Impulso	Tiempo de Estabilización	Error en estado estable
Proporcional	Decrece	Crece	Cambio menor	Decrece
Proporcional Integral	Decrece	Crece	Crece	Se elimina
Proporcional Derivativo	Cambio menor	Decrece	Decrece	Cambio menor

### 2.24.4 CUANDO ES EL CONTROL PI SUFICIENTE

Hagglund y Åström (2009) menciona. Todos los procesos estables se pueden controlar mediante un controlador I si los requisitos de comportamiento son modestos. La acción proporcional da una mejora adicional de comportamiento. No es por lo tanto sorprendente que el controlador PI sea el controlador más común. Sin tomar en cuenta las saturaciones, a un proceso con dinámica de primer orden se le puede dar un comportamiento deseado utilizando un controlador PI. El control PI se puede utilizar también con procesos que poseen acción integral. (p. 91).

#### 2.24.6 CONTROL PROPORCIONAL

El control proporcional permite generar una señal de corrección proporcional a una señal de error. La variable de control de corregida jamás se estabilizara en el valor deseado 1 siempre llegara con una señal de corrección del 0.99% como máximo debido a que cuenta con un amplificador de ganancia ajustable, con una señal de error de 0.1%.





**Fuente:** Módulo interactivo de control de nivel en tiempo real utilizando instrumentación virtual para los laboratorios de mecatrónica. Ibarra – Ecuador. Pag.14

#### 2.24.7 CONTROL PD

El control Proporcional Derivativo genera una mayor estabilidad de la variable controlada del sistema permitiendo obtener una señal estable y libre de oscilaciones que afectan la variable.







#### 2.24.8 CONTROL PI

El control proporcional Integral "combina las ventajas de la acción proporcional e integral; la acción integral elimina el error estacionario, mientras que la acción proporcional reduce el riesgo de inestabilidad que conlleva la introducción de su propia acción integral". (Geltrú, 1997)



FIGURA Nº. 17 Control Proporcional Integral.

### 2.26 QUÉ ES SIMULINK

Simulink es una aplicación que permite construir y simular sistemas de control mediante diagramas de bloques. El comportamiento de los sistemas se los define mediante funciones de transferencia, operaciones matemáticas y elementos de Matlab. Simulink dispone de una serie de herramientas que facilitan la visualización, análisis y guardado de los resultados de simulación.

### 2.27 SISTEMAS HMI

Es una interfaz hombre máquina, el HMI forma parte de un programa informático que se comunica con el usuario y proporciona la información y el control de las variables de proceso necesarias para que se lleve a cabo una tarea con el sistema.

**Fuente:** Módulo interactivo de control de nivel en tiempo real utilizando instrumentación virtual para los laboratorios de mecatrónica. Ibarra – Ecuador. Pag.15.

#### 2.28 VARIADOR DE FRECUENCIA.

#### 2.27.1. ESTRUCTURA EXTERNA.





# 2.27.2 ESTRUCTURA INTERNA.



FIGURA Nº. 19 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna. Fuente: (Manual de guía)

# 2.28 ¿QUÉ ES LABVIEW?

LabVIEW es un lenguaje de programación construido sobre la base de objetos, sin embargo no es posible construir nuevos objetos, como pudiera hacerse con otros lenguajes como C++, Java, Pascal etc, es por ello que la manera de construir aplicaciones es a través de una metodología de programación estructurada, utilizando como recurso la implementación de funciones, que en este caso se denominan "SubVI".

### 2.28.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

LabVIEW usa un lenguaje de programación grafico Lenguaje G. Las posibilidades son normalmente las mismas que presenta cualquier lenguaje de programación:

- Sentencias (Gráficos) de control de Flujo y repetitivas.
- Posibilidad de declaración de variables.
- Modularidad a través de la confección de funciones. Trabajo con los eventos y propiedades de los controles y variables.
- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.
- Basado en objetos pero no permite nuevas declaraciones.

# 2.28.2 VARIABLES NUMÉRICAS



FIGURA Nº. 20 Variables Numéricas

# 2.29 COMUNICACIÓN ETHERNET

Esta comunicación es estándar en redes de área local para computadores. Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3, siendo usualmente tomados como sinónimos. Se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Sin embargo, las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

## CAPITULO III

# 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La ejecución del presente proyecto, se utilizara una metodología de Investigación Científica, lo cual permitirá el fácil procedimiento del mismo, aportara al desarrollo y ejecución del proyecto en los laboratorios de CIMANELE donde se realizar el estudio, análisis para reforzar los conocimientos adquiridos en el aula, Los métodos, técnicas a utilizarse en el desarrollo del presente proyecto de investigación se presentan a continuación.

### 3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

### 3.1.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se recurrió a la recopilación de información de varios tipos de fuentes bibliográficas como: libros, monografías, manuales, tesis, videos, páginas web. Que permitieron la información necesaria para tener ideas claras para la construcción del módulo didáctico.

# 3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Se hizo una recopilación de información, donde se empleó conocimientos científicos ya existentes para la adquisición de cada uno de los componentes empleados en el módulo de control de nivel.

# 3.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS

Se buscará obtener la información directamente del sensor que se van a instalar para poder realizar el control manual y automático de nivel de líquidos con métodos de medición indirecta y mediante el método de medición directa mediante un sensor de tipo flotante el cual enviara datos al PLC y se los mostrara en un panel HMI para la adquisición y la proyección de las variables tomadas de la planta.

# 3.2. MÉTODOS

# 3.2.1 ANALÍTICO

Este método se realizó para una simplificación de toda la información obtenida de: libros, monografías, manuales, tesis, videos, páginas web, entre otros para la comprensión y la elaboración del marco teórico

### 3.3 EXPLORATORIO

Este método se lo utilizo con las experiencias adquiridas en giras, prácticas en industrias donde se analizó problemas similares ya estudiados, donde ayudó a estar al tanto más sobre las crónicas entre variables.

# 3.4 TÉCNICAS

Técnicas para la adquisición de información y de datos que se utilizará:

# 3.4.1 TÉCNICAS DE FICHAJE

Para recopilar información de las bibliotecas donde pueda haber documentos basados o referentes a la investigación a realizar.

# 3.4.2 DISEÑO TÉCNICO Y TECNOLÓGICO.

El siguiente método se decidió aplicarlo mediante la observación de modelos similares, aplicando la tecnología existente que domina las industrias para comprobar las características del funcionamiento del módulo y de cada uno de sus los elementos que lo constituyen.

# 3.5 FUNCIONAMIENTO.

Mediante pruebas rigurosas de cada uno de los componentes del módulo didáctico se estableció el correcto funcionamiento de los principales equipos electrónicos y eléctricos del mismo.

# 3.1.7. SIMULACIÓN (HMI).

Se implementó un sistema humano maquina (HMI) en la plataforma de labVIEW para una visualización de las variables del sistema.

## CAPITULO IV

## 4 PROPUESTA TECNOLÓGICA

### 4.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

#### 4.1.1 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se justificó mediante la implementación de un módulo didáctico de control de nivel, con el fin de realizar clases demostrativas, el modulo estará constituido por equipos de utilización industrial, se adquiere datos mediante una comunicación entre el PLC y una HMI para el monitoreo y control de la variable de nivel de agua en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte.

#### 4.2 OBJETIVOS

#### 4.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el estudio del sensor de tipo flotador de nivel, para el laboratorio de electricidad de la Universidad Técnica del Norte.

### 4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

El presente modulo didáctico de control de nivel de líquidos tiene como objetivo brindar aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ing. En Mantenimiento Eléctrico en sistemas de control e instrumentación utilizando variables en tiempo real mediante una comunicación gráfica en la plataforma de labVIEW y junto a una calibración de variables de PID del sistema.



FIGURA Nº. 21 Esquema del Módulo Didáctico de Control de Líquidos.

TABLA Nº. 3 Descripción	/ características de los	elementos a ocupar en el módulo.
-------------------------	--------------------------	----------------------------------

Código	Descripción	Características
T1	Tanque de Control	25 litros de capacidad
Τ2	Tanque reservorio	30 litros de capacidad
EV1	Electroválvula 1	24 voltios
B1	Bomba	Trifásica, 0.5 HP
V2-V3	Válvula de bola	Control manual
V1	Válvula check	Operación automática

# 4.1. DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

En el diseño del módulo de control de nivel se utilizara:

- Tanque de control de nivel
- Reservorio
- Estructura metálica
- Tubería 1/2"
- Tubería de 1" para desfogue del agua
- Para el diseño de cada uno de los tanques se tomó en cuenta:
- Tipo de fluido
- Volumen del agua a controlar

- Tipo de tubería

## 4.1.1. DISEÑO DEL TANQUE DE CONTROL

### a) TANQUE DE CONTROL

Para el diseño del tanque de control se tomó en cuenta el tipo de líquido con el cual se va a trabajar y debido a que el presente proyecto va a ser de uso didáctico se decidió realizar el tanque en vidrio transparente.

- Ancho: 29.1 [cm]
- Largo 32.1 [cm]
- Altura: 27.1 [cm]

Con las dimensiones nombradas el tanque de control almacenará 27.4 [L]



FIGURA Nº. 22 Dimensiones del tanque del control

• Orificio de salida del líquido

### c) Tanque reservorio

El tanque reservorio se lo construirá de vidrio con dimensiones superiores que el tanque de control, por lo cual este deberá tener mayor capacidad de líquido.

Está diseñado con las siguientes medidas.

A. Ancho: 30.3 [cm]





FIGURA Nº. 23 Dimensiones tanque reservorio

A. Orificio de toma de agua para llevarla al tanque de control.

### 4.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL VIDRIO

Para el cálculo del grosor del vidrio hay que conocer la presión ejercida por el líquido. Para este cálculo se utilizara la ecuación 1.

### ECUACIÓN 1

 $P = \rho \times g \times h$ 

 $P = 1000 \times 9.8 \times 0.27$ 

P = 2646 [Pa]

	Longitud del tanque [cm]				
Altura [h]	30[cm]	40[cm]	50[cm]	60[cm]	70[cm]
20	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
30	5 mm	5 mm	6 mm	6 mm	6 mm
40	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm

Con la tabla mostrada anteriormente se logra observar que el grosor del vidrio para el tanque de control es de 5 mm para soportar la presión ejercida por el líquido.

# 4.3 TUBERÍAS

En la instalación de la tubería se utilizó un tubo de Polipropileno que soporta 10 bares y 90° C.



TABLA Nº. 5 Tubería utilizada en la instalación



# 4.4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN LA ENTRADA DEL TANQUE DE CONTROL.

Accesorio o (acople)	Cantidad	Factor K	Total F. K.
Salida brusca del tanque	1	0.78	0.78
Ampliación 1/2" a 1"	1	0.40	0.40
Total			1.18

TABLA Nº. 6 Cálculo del factor K a la salida del tanque reservorio.

**ECUACIÓN 4** 

$$K = \left[1 - \left(\frac{d1}{d2}\right)^2\right]^2$$
$$K = \left[1 - \left(\frac{0.015}{0.025}\right)^2\right]^2$$
$$K = 0.4096$$

4.5 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA DE ½" EN LA ENTRADA DEL TANQUE PRINCIPAL.

Accesorio o (acople)	Cantidad	Factor K	Total F. K.
Entrada brusca al tanque de control.	1	1	1
Unión universal	1	0.08	0.08
Codo de ½" 90°.	5	0.81	4.05
Válvula check vertical	1	11.3	11.3
Válvula check horizontal	1	1.4	1.4
Reducción 1"a 1/2"	1	0.20	0.20
TOTAL			18.03

#### TABLA Nº. 7 Cálculo del factor K en la entrada del tanque principal.

## ECUACIÓN 5

$$K = \mathbf{0}.5 \left[ \mathbf{1} - \left(\frac{d\mathbf{1}}{d\mathbf{2}}\right)^2 \right]^2$$
$$K = 0.5 \left[ 1 - \left(\frac{0.015}{0.025}\right)^2 \right]^2$$
$$K = 0.2048$$

Cálculo necesario para encontrar el coeficiente de fricción en el tramo de tubería de 1" con un longitud de 0.10 m.

# ECUACIÓN 6

$$A=\frac{\pi d^2}{4}$$

Dónde:

A= área transversal del paso del fluido.

d= diámetro interno de la tubería.

$$A = \frac{3.1415(0.025)^2}{4}$$
$$A = \frac{0.00196343}{4}$$
$$A = 0.0004908 m^2$$

Calculo de la velocidad media en la tubería de 1"

### ECUACIÓN 7

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- V: velocidad del flujo [m/s]
- Q: caudal [m3/s]
- A: área interna de la tubería [m<sup>2</sup>]

$$V = \frac{0.0006606}{0.0004908}$$
$$V = 1.3459 \ m/s$$

Cálculo del número de Reynols.

# ECUACIÓN 8

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

- Re = número de Reynolds.
- $\rho$  = densidad [Kg/m<sup>3</sup>]

d = diámetro [m]

V = velocidad de flujo [m/s]

 $\mu$  = viscosidad [Ns/m<sup>2</sup>]

Calculo de Número de Reynols en tubería de 1"

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

$$NR = \frac{1000(1.3459)(0.025)}{0.000891}$$
$$NR = \frac{33.6475}{0.000891}$$

$$NR = 37763.74$$

Calculo de la rugosidad relativa de la tubería en 1"

# ECUACIÓN 9

$$\varepsilon r = \frac{\varepsilon}{D}$$

Donde:

ε: Rugosidad del material [m]

D: Diámetro interno de la tubería [m]

$$\varepsilon r = \frac{0.00000152}{0.025}$$

#### $\varepsilon r = 0.0000608$

Con la ayuda del diagrama de Moody (Anexo C) se puede encontrar el coeficiente de fricción.

f = 0.02245

Cálculo necesario para encontrar el coeficiente de fricción en el tramo de tubería de 1/2" con un longitud de 1.20 m.

# **ECUACIÓN 6**

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{3.1415(0.015)^2}{4}$$

$$A = \frac{0.0007068}{4}$$

$$A = 0.0001767 m^2$$

Calculo de la velocidad en la tubería de 1/2"

# ECUACIÓN 7

 $V = \frac{Q}{A}$ 

 $V = \frac{0.0006606}{0.0001767}$  $V = 3.7385 \ m/s$ 

Calculo del Número de Reynols en tubería de 1/2"

# ECUACIÓN 8

 $NR = \frac{\rho v d}{\mu}$ 

$$NR = \frac{1000(3.7385)(0.015)}{0.000891}$$
$$NR = \frac{56.0775}{0.000891}$$

NR = 62937.71

Al obtener el número de Reynols podemos obtener la rugosidad relativa de la tubería de 1/2".

# ECUACIÓN 9

 $\varepsilon r = \frac{\varepsilon}{D}$ 

 $\varepsilon r = \frac{0.00000152}{0.015}$ 

 $\varepsilon r = 0.000101$ 

Con la ayuda del diagrama de Moody (Anexo C) se puede encontrar el coeficiente de fricción.

f = 0.02027

Dónde:

f = coeficiente de fricción

g: Gravedad 
$$[m/s^2]$$

d: Diámetro interno de la tubería [m]

### **ECUACIÓN 10**

$$h_{l} = \frac{1}{2 \times g} \left[ \left( \frac{Q_{1}}{A_{1}} \right)^{2} \left( f_{1} \frac{L_{1}}{D_{1}} + k_{1} \right) + \left( \frac{Q_{2}}{A_{2}} \right)^{2} \left( f_{2} \frac{L_{2}}{D_{2}} + k_{2} \right) \right]$$
$$hl = \frac{1}{2 \times 9.8} \left[ \left( \frac{0.000667}{0.0004908} \right)^{2} \left( 0.02245 \times \frac{0.10}{0.025} + 1.18 \right) + \left( \frac{0.000667}{0.0001767} \right)^{2} \left( 0.02027 \times \frac{1.2}{0.015} + 18.03 \right)$$
$$hl = 0.1196 + 14.2863$$
$$hl = 14.4059$$

Cálculo de la altura dinámica del sistema de control

#### ECUACIÓN 11

$$ha = hl + (Z2 - Z1)$$

Dónde:

Z2 = Altura del ingreso de agua al tanque principal [m]

Z1 = Altura del orificio de salida de agua del tanque sumidero [m]

$$ha = 14.4059 + (1.02 - 0.05)$$
  
 $ha = 15.3759 m$ 

Cálculo de la potencia teórica de la bomba al paso del agua por los conductos.

# ECUACIÓN 12

### Pteorica = ha \* p \* g \* Qtotal

ha = Altura dinámica [m]

 $p = \text{Densidad del líquido } [\frac{kg}{m^3}]$ 

 $g = \text{Gravedad} \left[\frac{m^2}{s}\right]$ 

 $Qtotal = \text{Caudal total } [\frac{m^3}{s}]$ 

```
Pteorica = 14.4059 * 1000 * 9.8 * 0.000667
```

$$Pteorica = 100.5061 [W]$$

Se realiza el cálculo tomando en cuenta que:

1*HP* = 745 [*W*]

$$Pteorica = \frac{100.5061}{745}$$
$$Pteorica = 0.1349 [HP]$$

Calculo de la potencia de pérdida real de la bomba en el sistema.

Se toma en cuenta que el rendimiento mínimo que tendrá la bomba es de un 30%.

$$Preal = \frac{0.1349}{0.30}$$
  
 $Preal = 0.4496 [HP]$ 

La salida del líquido del tanque se realizara mediante una caída por gravedad.

# 4.6 ELECCIÓN DEL SENSOR MÁS ADECUADO PARA EL SISTEMA

El sensor a utilizar en el presente proyecto es de tipo desplazamiento (flotante)



FIGURA Nº. 24 Elección del sensor

# 4.6.1 VENTAJAS DEL SENSOR DE TIPO FLOTADOR

- a) La instalación del sensor es sencilla.
- b) El método de medición del instrumento es probado y confiable.
- c) Permite medición continua.
- d) Las turbulencias en la superficie del líquido no afectan la medición.
- e) Costos bajos.

# 4.6.2 DESVENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR

a) La medición puede ser afectada por depósitos de materiales sobre el flotador.

b) No son adecuados para aplicaciones de líquidos viscosos.

### 4.6.3 APLICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR

- a) Tanques abiertos.
- b) Tanques cerrados a presión o al vacío.





El rango de medición del sensor es 16 cm, comienza la medición a partir del 3 cm

# 4.6.4. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

- Se aplica en tanques abiertos y cerrados.
- La operación de medición se basa en el principio de Arquímedes.
- Está compuesto por un flotador conectado a una resistencia variable quien transmite su movimiento.

# 4.7. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA

Se decidió instalar una bomba de 0.5 HP, debido a que esta cumple satisfactoriamente con las especificaciones técnicas del sistema. Tomando en cuenta la potencia real del sistema calculada es 0.134 [Hp]. En el mercado no podemos encontrar una bomba trifásicas de esta potencia, se prefirió por tomar como referencia la que más se acerque a la potencia requerida, se procedió a rebobinar una bomba monofásica y se la convirtió a trifásica de forma manual

tomando en cuenta que perdió caudal en un 30% a plena carga de 40 [L/m] a 26 [L/m] con sistema de conexión a dos polos para q cumpla las condiciones del sistema.



Marca: HYDROLLO Modelo: PUMP QB60 Caudal Max: 40L/min Potencia: 0.5 HP H. max: 40 m Fases: 3 CA.





# 4.8. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA. (VÁLVULA DE BOLA)

Estas válvulas se utilizan principalmente para servicio de corte y no son satisfactorias para estrangulación. Son rápidas para operarlas, de mantenimiento fácil, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión es función del tamaño del orificio. (Fernández, 1999)



FIGURA Nº. 26 Válvula de Bola. Fuente. http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas

# 4.9. SELECCIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA

Se seleccionó la electroválvula on-off tomando en cuenta la señal de nos suministra el PLC facilitando la comunicación con las misma. Se la utilizara como dispositivo de seguridad del sistema.



FIGURA №. 27 Electroválvula 24[V]. Fuente. http://ecuacomex.com/v%C3%A1/vulas

# 4.10 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Se seleccionó un variador de frecuencia de marca Ls modelo iE5 debido a su tamaño lo cual permite que su operación sea más fácil ya que cuenta con sus 6 teclas de programación y un potenciómetro giratorio y que cumple con las especificaciones que necesita el sistema.



FIGURA Nº. 28 Variador de frecuencia Ls iE5.

Fuente. Manual variador Ls Industrial Sistem.

A continuación se muestra el cableado del variador de frecuencia.



FIGURA Nº. 29 Esquema del cableado del variador de frecuencia.

Fuente. Manual variador Ls Industrial Sistem.

A continuación guía de instalación y función de las borneras.

Fund	ción de las	borneras	
R	ST	P P1 DC	NUVW
2	Borne	Nombre dei borne	Descripción
	R, S, T	Entrada de CA	Conectar alimentación CA triliasica
Carlo administ	U, V, W	Salida del variador	Conectar motor CA triliasico
Circuso piercipia	P, P1	Conexión de reactor de CC	Conectar reactor de CC
	G	Тієтта	Terminal de conexión a tierra
Clasicación	Bome	Nombre del borne	Descripción
Clasicación	Bome P1, P2, P3,	Nombre del borne	Descripción Valor por defecto de lábrica : P1 (FX : operación de avance)
20201200000	P4, P5		P4 (RST : Reset por fallo) P5 (operación en modo JOB)
Señal de entrada	VR	Alimentación para potenciómetro	Alimentación 12V 100mA para frecuencia analógica.
	AI	Ref. de frequencia (Tensión/Corriente)	Señal de referencia de frecuencia CC 0-10V / 4-20mA.
	CM	Terminal común	Señal de referencia de frecuencia y terminal común AM
Señal de salida	AM-CM	Visor	Seleccionar una entre: la trecuencia de salida, la corriente de salida o la tensión de salida. ⊟ valor por defecto de fabrica es la frecuencia de salida. La tensión de salida máxima es 0-10V (menos de 10mA).
	30A, 30C, 30B	Belé multifunción	La función de protección del variador bloques la salida y envía una señal utilizando

FIGURA Nº. 30 Función de las borneras.

Fuente. Manual variador Ls Industrial Sistem.

### 4.11 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.

El módulo didáctico se necesita una entrada analógica, una salida de comunicación Rj 485 para la comunicación con el variador de frecuencia. El PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 (1763-L16BWA), cuenta con 12 entradas (6 a 24v DC, 4 de alta velocidad a 24v DC, 2 analógicas de 0-10v DC), 6 salidas tipo relé, una alimentación de 100v-240v AC y una fuente de voltaje de 24v DC a 250 mA. Este PLC cumple satisfactoriamente con las necesidades que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.



FIGURA Nº. 31 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA) Fuente. (Manual de usuario MicroLogix 1100)

Esquema de conexiones internas del PLC MicroLogix 1100 (1763-L16BWA



FIGURA Nº. 32 Esquema general de cableado (1763-L16BWA). Fuente, (Manual de usuario MicroLogix 1100)


FIGURA Nº. 33 cable de comunicación 485 (1763-NC01)) Fuente. Manual de usuario MicroLogix 1100

### 4.12 REPRESENTACIÓN ELÉCTRICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO.

Primero se adquirió los materiales para la construcción del módulo, se procedió a ubicar la correcta disposición de los distintos elementos que lo conforman, tomando en cuenta los espacios necesarios para el tablero de control.

Luego se acoplo un monitor en la parte superior al tablero de control. En la parte inferior de la tapa del tablero se ubicaron los siguientes elementos: un botón de paro de emergencia en el centro de la tapa, un selector de tres posiciones de modo remoto y modo manual (luces piloto de modo remoto y modo manual), un selector de encendido del variador con su respectivas luces de aviso (en modo manual), un selector de encendido del PLC con sus respectivas luces (en modo manual), un potenciómetro para el control de nivel (en modo manual), una botonera de desfogue de agua (en modo manual). Dos luces de notificación de niveles del líquido (bajo y alto.)

El circuito de fuerza del módulo (Véase Anexo D) está conformado por un breaker trifásico principal de 6A, una barra de distribución de líneas al sistema la cual alimenta un breaker uno del PLC [110 V] y otro breaker al tomacorriente implementado [110 V], se instaló un contactor para el variador de frecuencia tal como indica el manual de usuario del variador.

Todos estos equipos fueron aterrados a la carcasa del tablero de control para su protección. La sección de los conductores utilizados en el circuito tendrán una relación directa con la carga a soportar en el módulo didáctico, por tal motivo se utilizó conductor AWG número 14 que soporta hasta 15 [A]. El modulo tiene una

potencia instalada de 500W, que es igual a 1.5 A por fase, por este motivo se seleccionó un conductor de calibre 14 AWG para el circuito de control.

#### 4.13 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS

#### 4.13.1 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Antes de arrancar el variador de frecuencia se debe recuperar el variador debido a que estuvo apagado por mucho tiempo los condensadores internos están descargados, por este motivo se procedió a energizarlo con 5[V] cada diez minutos hasta llegar a 100[V], después se aumenta a 10[V] cada diez minutos hasta alimentarlo totalmente. Si este procedimiento no se lo realiza el variador emite fallas al momento de su funcionamiento.

P16	60Hz	Frecuencia Máxima
P17	60Hz	Frecuencia Estándar
P40	0.4	Selección de capacidad del motor.
P41	2	Numero de polos del motor.
P43	2A	Corriente nominal del motor.
P44	1A	Corriente nominal del motor sin carga.

TABLA Nº. 9 Parámetros ingresa	dos
--------------------------------	-----

#### 4.13.2 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR

Configuración para obtener la comunicación entre el PLC y el computador, se ingresan las misma direcciones en las dos ventanas.

eneral		Network Settings	
Puede hacer que la configuración IP se a red es compatible con esta funcionalidac consultar con el administrador de red cu apropiada.	asigne automáticamente si la l. De lo contrario, deberá ál es la configuración IP	Defaults Subnet Mask: 255 .	255 . 255 . 0
Obtener una dirección IP automátic	amente	Gateway: 192 .	168 . 111 . 11
O Usar la siguiente dirección IP:		Primary DNS: 0 .	0.0.0
Dirección IP:	192 . 168 . 111 . 11		0 0 0
Máscara de subred:	255.255.255.0	Secondary DNS: U .	0.0.0
Puerta de enlace predeterminada:	192 . 168 . 111 . 1	Domain Name:	
Obtener la dirección del servidor DI	NS automáticamente		OK Cance
<ul> <li>O Usar las siguientes direcciones de s</li> </ul>	ervidor DNS:	C	
Servidor DNS preferido:	192 . 168 . 111 . 15		
	102 168 111 10		

FIGURA Nº. 34 Ingreso de la Ip del PLC

Se ingresa la dirección Ethernet (MAC) que se encuentra en el PLC y se le asigna una dirección Ip al PLC 192.268.111.2

New Entry	<b>—</b> ×
Ethernet Address (MAC):	001D9CA0EFDD
IP Address:	192 . 168 . 111 . 2
Hostname:	
Description:	
	OK Cancel

FIGURA Nº. 35 Ingreso de la Ip MAC del PLC

Configuración exitosa del BOOTP/DHCP

BOOTP/DHCP Server 2	2.3	_		
Clear History Add	o Relation List			
(hr:min:sec) Type	Ethernet Address (MAC)	IP Address	Hostname	
Relation List New Delete Enab	le BOOTP   Enable DHCP   Di	sable BOOTP/DHCP		
Ethernet Address (MAC)	Type IP Address	Hostname	Description	
Status	192, 166, 111,	2		- Entries
Jialus				1 of 256

FIGURA Nº. 36 Comunicación BOOTP/ DHCP

Para confirmar si exista una comunicación se damos clic en Communications >> RSWho >> AB\_ETH-1, Ethernet y verificar que los dos iconos no estén marcados con una **"X".** 

RSLinx Classic Lite - [RSWho - 1]	<i>n' i</i>
👪 File View Communications Station DDE	/OPC Security Window Help
** \$*®	
Autobrowse Refresh	rsing - node 192.168.111.11 found
🗄 🚠 Linx Gateways, Ethernet	
	192.168.111.11 192.168.111.2
192.168.111.11, RSLinx, RSLinx Server	RSLinx Server UNTITLED
192.168.111.2, MicroLogix1100, UNTIT	LED

FIGURA Nº. 37 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador

Antes de realizar un programa en el lenguaje tipo escalera se debe configurar el channel 1

RSLogix Micro Starter Lite - UNTITLED		_ 0 ×
File Edit View Search Comms Tools Window Help	Channel Configuration	
□ □         □         □         □         □         □         ■	General Channel 0 Channel 1 Driver Ethemet	
🙀 UNTITLED 🔤 🖾 🍂 LAD 2	Hardware Address: 00:00:00:00:000 Network Link ID 0	
Project     Project     Profile     Controler Properties     Octorbler Properties     Orocontroler Properties     October Properties     Octoberocontee     October Properties     Octob	IP Address:       192.068.1111.2         Submet Mask:       255.255.255.0         Gateway Address:       0.0.0.0         Default Domain Name:	(210)
Data Logging	Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda	×
For Help, press F1	000:0000 2:00/ READ Disabled	
📀 🖉 🚞 🖸 💽		▲ 🕨 🖓 🐠 0:33 01/01/2006

FIGURA Nº. 38 Ventana Channel Configuration

La programación del PLC se realizó en el programa RSLogix Micro Starter, creando un programa de control en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (Ladder).

#### 4.14 DISEÑO DEL HMI

En el diseño del HMI (Human Machine Interfaz) se utilizó la plataforma grafica del labVIEW. La adquisición de datos se obtuvo mediante la comunicación NI OPC Servers para pruebas de control mediante una programación G (Grafica).

#### 4.15 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC

Para crear un OPC se hace click derecho en la pantalla y se selecciona new channel.

ni Ol	PC Server	s - Runtime			
File Fo	dit View	Tools Runt	ime Help		
È 🗋 🖻	) H 6	2   🕾 🛅 🛛	s 🚈 😁 🖂	7 X	🐚 🛍 🗙   🛄
	hannel1			Cha	Driver Connec Sharing Virtual
E 2 9	hannel2			Cha	n Allen-Br Ethemet N/A N/A
	PC NIVEL			S Cha	n Allen-Br Ethemet N/A N/A
				SOP(	C Allen-Br Ethemet N/A N/A
	2	New Channe	el		
🖣 🛷	• 👳				
Date	V	Time	Source		Event
01/01	/2006	0:03:14	NI OPC Se	rvers	Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver loaded su
01/01	/2006	0:03:16	NI OPC Se	rvers	Runtime service started.
01/01	/2006	0:03:16	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
1/01	/2006	0:03:16	Allen-Bradl	ey Co	Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11.26
01/01	/2006	0:03:16	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01	/2006	0:03:16	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01	/2006	0:03:16	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01	/2006	1:18:45	NI OPC Se	rvers	Runtime performing exit processing.
1/01/01	/2006	0:01:48	NI OPC Se	rvers	NI OPC Servers 2013
1/01/01	/2006	0:01:54	NI OPC Se	rvers	Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver loaded su
1/01/01	/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Runtime service started.
01/01	/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01	/2006	0:01:57	Allen-Bradl	ey Co	Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11.26
01/01	/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01	/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver.
01/01	/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver.
01/01	/2006	0:09:06	NI OPC Se	rvers	Configuration session started by TESIS as Default User (R/

FIGURA Nº. 39 Creación de un New Channel

Designar un nombre al canal donde se guardaran todos los tags que se creen para la comunicación.

File Edit View Tools Runtime Help	
	_
Channell Cha	
Einer Channelz Schan Allen-Br Ethemet N/A N/A	
Chan Allen-Br Ethemet N/A N/A	
SOPC Allen-Br Ethemet N/A N/A	~
New Channel - Identification	-1
A channel name can be from 1 to 256	
characters in length.	
Names and participation of a state of the st	
qualations or start with an underscore.	
Channel name:	
Date Time Source Event OPC	
0 01/01/2006 0.03:14 NI OPC Servers Allen-Bradley 0	
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Servers Runtime servic	
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Servers Starting Allen E	
1 01/01/2006 0:03:16 Allen-Bradley Co Allen-Bradley C	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC Servers Starting Allen-E	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC Servers Starting Allen-E	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC Servers Starting Allen 8	
101/01/2006 1:18:45 NI OPC Servers Runtime perform control context Services Concelar Anuda	
01/01/2006 0:01:48 NI OPC Servers NI OPC Server	
0 01/01/2006 0.01:54 NI OPC Servers Allen-Bradley 0	-
01/01/2006 0.01:57 NI OPC Servers Funtime service started.	
I U1/U1/2/U05 U:U1:5/ NI OPC Servers Starting Allen-Bradiey ControlLogix Ethemet device driver.	
Or // // / 2005 0:01:57 Alten-tradey Co Alten-tradey Controllogic Ethemet Device Driver V5.11.26	
UT/01/2005 0:01:57 NLOPC servers starting Alien-Bradiey ControlLogik Ethemet device driver.	
Or 01/2006 0.01.57 NO C Severa Stating Aller-Brader Castell ack Ethernet device driver	
On On 2010 0000 00107 WORC Servers. Scaling Ameripating Control Light Limited Gende Univer.     On On One Servers. Configuration searing started by TESIS as Dafault Light.     One One One One One One One One One	

FIGURA Nº. 40 Configuración de Channel name

Seleccionar el tipo de PLC y el tipo de comunicación con el que se va a trabajar (Allen Bradley MicroLogix 1100 Ethernet)

🥙 NI OPC Servers - Runtime				
File Edit View Tools Runtime Help				
n 📸 🛪 🛃 😂 🕅 🛤 🚈 🕾	9 X B B X 🔤			
			1	
Harrie Channel 1	Cha / Driver Co	nnec   Sharing   Virtual		
	Chan Allen-Br Eth	nemet N/A N/A		
	Chan Allen-Br Eth	nemet N/A N/A		
	SOPC Allen-Br Etr	nemet N/A N/A		
	Ne	w Channel - Device Driver		
			Select the device driver you want to assign to the channel.	
			The days for he had a sector to the second of	
			all the drop-down list below contains the names of all the drivers that are installed on your system.	
🗣 🥔 🗇			D : 1	
1 1			Device driver:	-
Date 7 Time Source	Event		Advanced Simulator	
01/01/2006 0:03:14 NI OPC	Servers Allen-Bradley C		Advanced Simulator	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC	Servers Runtime servic		Allen-Bradley Bulletin 900	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC	Servers Starting Allen-E		Allen-Bradley ControlLogix Ethernet 😑	
01/01/2006 0:03:16 Allen-Br	adley Co Allen-Bradley C		Allen-Bradley DF1	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC	Servers Starting Allen-E		Allen-Bradley Dr+	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC	Servers Starting Allen-E		Allen-Bradley Slave Ethernet	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC	Servers Starting Allen-E		Analog Devices	
01/01/2006 1:18:45 NI OPC	Servers Runtime perfor		Aromat Ethemet	Avuda
01/01/2006 0:01:48 NI OPC	Servers NI OPC Server		AutomationDirect DirectNet	
01/01/2006 0:01:54 NI OPC	Servers Allen-Bradley C		AutomationDirect EBC	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC	Servers Runtime service star	ted.	Automation Direct ECOM	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC	Servers Starting Allen-Bradle	y ControlLogix Ethernet device dr	AutomationDirect Productivity 3000 Ethemet	
1 01/01/2006 0:01:57 Allen-Br	adley Co Allen-Bradley Contro	Logix Ethernet Device Driver V5.	Beckhoff TwinCAT	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC	Servers Starting Allen-Bradle	y ControlLogix Ethernet device dr	Busware Ethernet	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC	Servers Starting Allen-Bradle	y ControlLogix Ethernet device dr	Contrex M-Series	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC	Servers Starting Allen-Bradle	y ControlLogix Ethernet device dr	Custom Interface	
01/01/2006 0:09:06 NI OPC	Servers Configuration session	n started by TESIS as Default Us	Cutler-Hammer D50/300	
Ready			Cutler-Hammer ELC Ethernet	
			Datefail Indum	

FIGURA Nº. 41 Selección del PLC y comunicación

En esta ventana dejar los parámetros por defecto

🍘 NI OPC Servers - Runtime						
File Edit View Tools R	untime Help					
ं 🗅 💕 🗃 🛃 🗳 🛅	1 🖾 🖄 😁 🖌	6 6 ×	QC			
E Channel1	Cha	/ Driver	Connec	Sharing	Virtual	
Channel2	Childhing Childhing	an Allen-Br	Ethemet	N/A	N/A	
DPC NIVEL	Chi Chi	an Allen-Br	Ethemet	N/A	N/A	
-	S OP	C Allen-Br	Ethemet	N/A	N/A	
			Lanomot			
			New Chan	nel - Netw	ork Interfa	
						This channel is configured to communicate over a network. You can select the network adapter that the driver should use from the list below. Select 'Default' if you want the operating system to choose the network adapter for you.
🖣 🥔 🖗						Network Adapter:
Date 🗸 Time	Source	Event				Default
01/01/2006 0:03:14	NI OPC Servers	Allen-Bradley C				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Runtime servic				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-B				
01/01/2006 0:03:16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley C				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-E				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-E				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-B				
1:18:45	NI OPC Servers	Runtime perfor				
01/01/2006 0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Server				< Atras Siguiente > Cancelar Ayuda
01/01/2006 0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley O				
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service	e started.	_	_	
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ether	net device d	river.
01/01/2006 0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley C	ontrolLogix E	themet Dev	ice Driver V5	5.11.26
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ether	net device d	iriver.
1 01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ether	net device d	river.
1 01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ether	net device d	lriver.
01/01/2006 0:09:06	NI OPC Servers	Configuration se	ession started	by TESIS	as Default U	ser (R/

FIGURA Nº. 42 New Channel – Network Interface

Seleccionar click to a Device y dar un nombre al dispositivo

🟉 NI OPC Servers	- Runtime					
File Edit View	Tools Runtime	Help				
່ 🗋 🐸 🛃 🛃	🔊 🛅 🚳 (	🊈 🕾   🤧 👗	🗈 🛍 🗙   🖭			
Channel1  Channel2  Channel2  Channel2  Channel2  Channel2  Channel2  Channel Channel2  Channel Chann	add a device.		e / Model k to add a device.	ID	Description	
				New Device - Na	me	
						A device name can be from 1 to 256 characters in length. Names can not contain periods, double quotations or start with an underscore.
🖣 🥔 🖗						Device name:
Date 🗸	Time	Source	Event			
1/01/2006	0:03:14	NI OPC Servers	Allen-Bradley Control		11	Device
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Runtime service star	- MI		
1 01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	1:18:45	NI OPC Servers	Runtime performing (		<.	Atrás Siguiente > Cancelar Ayuda
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 201			
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Control	Logix Ethemet device	e driver loade:	d su
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service star	ted.		
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	y ControlLogix Ethern	et device driv	er.
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet Devic	e Driver V5.1	1.26
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	y ControlLogix Ethern	et device driv	er.
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	y ControlLogix Ethern	et device driv	er.
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	y ControlLogix Ethern	et device driv	er.
01/01/2006	0:09:06	NI OPC Servers	Configuration session	n started by TESIS as	s Default User	(R/

FIGURA Nº. 43 Ventana Device name

Seleccionar el tipo de PLC que se está utilizando en el sistema (Allen Bradley – MicroLogix 1100)

File Edit View	Tools Runtime	e Help						
່ 🗅 💕 🗟 🔓	i 🗣 🛅 🖄	2 😁 🖓	🗈 🛍 🗙 🔛					
Channel 1 Channel 2 Chane	add a device.	Devic	e / Model k to add a device.		Description			
<b>a</b> / 8						The device you are defin driver that supports more list below shows all suppor Select a model that best you are defining.	ng uses a device than one model. The xted models. describes the device	
1 * Y	<b>T</b>		(F			Device model:		
Date V	0.02:14	NLORC Servers	Allen-Bradley Control			ControlLogix 5500	•	
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Runtime service star			ENI: CompactLogix 5300		
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			ENI: FlexLogix 5400		
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control			ENI: SLC 500 Fixed I/O		
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			ENI: SLC 500 Modular I/	0	
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			ENI: PLC-5	E	
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			MicroLogix 1400		
01/01/2006	1.18.45	NI OPC Servers	Runtime performing	1	< At	rás Siguiente >	Cancelar Av	uda
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 201					
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Contro	Logix Ethernet devic	e driver loaded r	su		
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Servers	Runtime service star	ted				
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	v ControlLogix Ethern	net device driver			
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet Devic	ce Driver V5.11.	26		
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	v Controll onix Ethern	net device driver			
01/01/2006	0.01.57	NLOPC Servers	Starting Allen-Bradle	v Controll orig Ethern	net device driver			
	MARK LONG		oraning rectribitude	, controllogic Etholi	tor downoo direct.			
01/01/2006	0.01.57	NLOPC Servers	Starting Allen-Bradler	v Controll onix Ethern	het device driver			

FIGURA Nº. 44 ventana Device model

Ingresar la dirección Ip del PLC para la comunicación con el OPC de labVIEW.

🟉 NI OPC Server	s - Runtime					
File Edit View	Tools Runtime	e Help				
່ 🗋 💕 🗟 🖥	y 🗠 🖓 🖉	🔄 🚰 🖌 🖌	🗈 🛍 🗙 🛛 🔝			
⊕ 🗳 Channel1		Device	e 🛆 Model	ID	Description	
🗈 🖣 Channel2		6 Clic	k to add a device.			
E SPC						
Click to	add a device.					
E - PC NIVEL						
				New Device - ID		
						The device you are defining may be multidropped as part of a network of devices. In order to communicate with the device, it must be assigned to unique D. Your documentation for the device may refer to this as a "Network ID" or "Network Address."
🖣 🥔 🖗						
Date 7	Time	Source	Event			Device ID:
01/01/2006	0.03.14	NI OPC Servers	Alen-Bradley Control			<192.168.111.2>
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Runtime service star			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Contro			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	1:18:45	NI OPC Servers	Runtime performing		< A	trás Siguiente > Cancelar Ayuda
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 201			
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Contro	Logix Ethemet devic	e driver loaded	su
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service star	ted.		
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle	v ControlLogix Ethern	net device driver	
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet Devic	e Driver V5.11	26
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	v ControlLogix Ethern	net device driver	
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	v ControlLogix Ethern	net device driver	
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	v Controll onix Ethern	et device driver	
01/01/2006	0.09.06	NI OPC Servers	Configuration session	started by TESIS a	s Default User (	R/
	0.00.00	or o borrols	Sortinguration (CSSI0)	- started by 12313 d	5 5 5 6 G G G G G G G G	· • ···

FIGURA Nº. 45 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC

Dejar por defecto todos los valores del programa.

🟉 NI OPC Servers	- Runtime					
File Edit View	Tools Runtime	Help				
່ 🗋 🐸 🛃 🛃	🐃 🛅 🎕 (	🔄 🚰 🔄 🔏	🐚 🛍 🗙 🛛 🛄			
Channel1  Channel2  Channel2  Channel2  Cick to a  Cick to a  Cick to a	udd a device.		e 🕢 🛛 Model	ID	Description	
			(	New Device - Sca	n Mode	× )
						Choose the first (default) option to use the scan rate requested by the client. Set a lower limit on the requested rate by choosing the second option. Force all tags to scan at the same rate by choosing the last option.
🖣 🥔 🔅						Scan Mode:
Date         ⊂           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006	Time           0:03:14           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16	Source NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley Contro Runtime service star Starting Allen-Bradle Allen-Bradley Contro Starting Allen-Bradle Starting Allen-Bradle Starting Allen-Bradle Runtime performise			Respect client specified scan rate       Trás       Siguiente >       Cancelar
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet device	e driver loaded	SU
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service start	ted.		
1 01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Ethern	et device driver	r.
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet Devic	e Driver V5.11.	26
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Ethern	et device driver	t.
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Ethem	et device driver	r.
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Ethem	et device driver	t.
01/01/2006	0:09:06	NI OPC Servers	Configuration session	n started by TESIS as	Default User (	R/

FIGURA Nº. 46 Ventana New Device – Scan Mode

Hacer click derecho y seleccionar **New** para crear los tags de las variables a utilizarse en la comunicación.

🍘 NI OPC Servers - Runti	me			
File Edit View Tools	Runtime Help			
ି 🗋 🐸 🗟 🛃 🗳	🛅 🗠 🐸 😁 🕷	🖻 🛍 🗙		
🕀 🗳 Channel 1	Tag	Name	Address Data Type Scan Rate	Scaling Description
由·학 Channel2 금 학 OPC │ └─ <b>団 TESIS NIVEL</b> 由-학 OPC NIVEL	<mark>∂</mark> a	ick to add a static ta	Tags are not required, but are browsable by OPC cl g Properties General   Scaling     Identification Name:	Cerrar
<b>\$</b>			Address: Description:	
Data E Data	. Course	[ Curat	Data properties	
01/01/2000 0-02-1/	Source	Event Durations associate	Data type: Default	•
01/01/2006 0:03:10	S NLOPC Servers	Starting Allen-B	Client access: Road (Mitto	
01/01/2006 0:03:10	6 Allen-Bradley Co.	Allen-Bradley Co	Client access.  Head/White	
01/01/2006 0:03:10	5 NI OPC Servers	Starting Allen-B	Scan rate: 100 🕂 millis	econds
01/01/2006 0:03:10	6 NI OPC Servers	Starting Allen-B	NOT STATES AND A STATES AND A	
01/01/2006 0:03:10	6 NI OPC Servers	Starting Allen-B	specify a rate when referencing this tag (e.g., no	on-OPC clients)
1:18:45	5 NI OPC Servers	Runtime perform		
① 01/01/2006 0:01:44	8 NI OPC Servers	NI OPC Servers		
① 01/01/2006 0:01:54	4 NI OPC Servers	Allen-Bradley Co	Aceptar	Cancelar Aplicar Ayuda
1 01/01/2006 0:01:53	7 NI OPC Servers	Runtime service		
1/01/2006 0:01:57	7 NI OPC Servers	Starting Allen-Bra	y ControlLogix Ethernet device driver.	
01/01/2006 0:01:5	7 Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Cor	Logix Ethernet Device Driver V5.11.26	
01/01/2006 0:01:5	7 NI OPC Servers	Starting Allen-Bra	y ControlLogix Ethernet device driver.	
01/01/2006 0:01:5	7 NI OPC Servers	Starting Allen-Bra	y ControlLogix Ethernet device driver.	
01/01/2006 0:01:5	7 NI OPC Servers	Starting Allen-Bra	y ControlLogix Ethernet device driver.	
01/01/2006 0:09:00	5 NI OPC Servers	Configuration ses	n started by TESIS as Default User (R/	
01/01/2006 0:21:3	8 NI OPC Servers	Starting Allen-Bra	y ControlLogix Ethernet device driver.	
D				

FIGURA Nº. 47 Ventana Tag Properties

En la ventana de **Tag Properties** se ingresan los datos correspondientes al nombre, zona de memoria del PLC, una pequeña descripción del tipo de dato que se requiera (word, bool, byte entre otros).

File Edit View	Tools Runtin	ne Help								
🗋 💕 🖬 🖥	2   🕾 🛅 🖄	2 😁 🕒	o ¥	🗈 🛍 🗙 🗌	0C					
⊕ 🖾 Channel1			Tag N	ame	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Descriptio	n
Channel2     Click to add a stati     OPC     TESIS NIVEL					g. Tags are not req	uired, but are b	rowsable by OPC	clients.		
由····································					Tag Properties					×
					General Scaling	1				
					dentification					
					Name	ELECTRO	VALVULA	ę	a	
					Addree	B3:0/7				2
					/ ddied	. Januar .		<u>_</u>		X
					Description	n -				
😜 🥔 👳										Case.
Data 5	Time	Course		Event	Data propertie	S .				
01/01/2006	0.03.16	NLOPC Se	nuere	Runtime service		Data type:	Default	-		
01/01/2006	0:03:16	NLOPC Se	rvers	Starting Allen-B	0	ent access:	Default	<b>^</b>		
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradle	ev Co	Allen-Bradley Co		enit access.	Boolean Char			
01/01/2006	0:03:16	NLOPC Se	rvers	Starting Allen-B		Scan rate:	Byte	≡ ds		
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-B			Short			
01/01/2006	0.03.16	NLOPC Se	rvers	Starting Allen-Br	Note: The sc	an rate is only		hs that do	not	
01/01/2006	1.18.45	NLOPC Se	rvers	Buntime perform	specity a rate	when releven	DWord	C Cilerius	<i>"</i>	
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Se	rvers	NI OPC Servers			Float	*		
01/01/2006	0.01.54	NLOPC Se	rvers	Allen-Bradley Co			Acentar	Cancelar	Anlie	ar Auuda
01/01/2006	0:01:57	NLOPC Se	rvers	Buntime service			Acopial	Cancela		- Aydda
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bra	dlev ControlLogix Et	nemet device o	liver.		_	
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradle	ev Co	Allen-Bradley Con	trolLogix Ethernet D	evice Driver V	5.11.26			
01/01/2006	0:01:57	NLOPC Se	rvers	Starting Allen-Bra	dley Controll ogix Eti	nemet device o	lriver			
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Se	rvers	Starting Allen-Bra	dlev ControlLogix Et	nemet device o	lriver.			
01/01/2006	0:01:57	NLOPC Se	rvers	Starting Allen-Bra	dley Controll ogix Et	emet device o	river			
01/01/2006	0.09.06	NLOPC Se	Ners	Configuration ses	sion started by TESI	S as Default U	ser (B/			

FIGURA Nº. 48 Tag Properties - Bolean

Seleccionar el tipo de acceso que va a utilizar (lectura solamente o lectura/escritura)

NI OPC Servers - Runtime						
File Edit View Tools Runtime Help						
🍐 😂 🗟 🛃 🗳 🛅 🕰 😂 😁 🖓	🤊 🔏 🗈 🛍 🗙					
⊕ 🖶 Channel1	Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
급 특 Channel2 특축 OPC 금축 OPC NIVEL 급 쪽 OPC NIVEL	Click to add a staf	Tag Properties General Scaling Identification	uired, but are b	VALVULA	clients.	
🖣 🥔 🗇		Addres	s:  B3:0/7			
Date Time Source	Event	Data propertie	5			
01/01/2006 0:03:16 NLOPC St	ervers Buntime sen	vice	Data type:	Default	-	
01/01/2006 0:03:16 NLOPC Se	ervers Starting Aller	h-Bi Ci	ent access:	Read Only	-	
01/01/2006 0:03:16 Allen-Brad	ley Co Allen-Bradley	/Ce		Read Only		
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-Bi	Scan rate:	Read/Write	ds	
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-B Note: The so	an rate is only	used for client and	plications that do	not
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-B specify a rate	when reference	ing this tag (e.g.,	non-OPC clients	))
1:18:45 NI OPC Se	ervers Runtime perf	fom				·
1 01/01/2006 0:01:48 NI OPC Se	ervers NI OPC Serv	/ers				
01/01/2006 0:01:54 NI OPC Se	ervers Allen-Bradley	~ C4		Aceptar	Cancelar	Aplicar Ayuda
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	ervers Runtime serv	vice				
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-Bradley ControlLogix Eti	hemet device o	iriver.		
01/01/2006 0:01:57 Allen-Brad	ley Co Allen-Bradley	ControlLogix Ethernet D	evice Driver V	5.11.26		
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-Bradley ControlLogix Et	hemet device o	inver.		
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-Bradley ControlLogix Et	hemet device o	driver.		
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-Bradley ControlLogix Et	nemet device o	inver.		
01/01/2006 0:09:06 NI OPC Se	ervers Configuration	n session started by TESI	S as Default U	ser (R/		
1 01/01/2006 0:21:38 NI OPC Se	ervers Starting Aller	n-Bradley Control Logix Et	hemet device o	inver.		

FIGURA Nº. 49 Ventana Client access

Así se crean todas las variables necesarias para la comunicación

🍘 NI OPC Servers - Runtime							
File Edit View Tools Runt	time Help						
` n 🙈 🖂 🖂 🖙 🛲 g	8 🖓 😁 🖌	🗈 🗈 🗙 🛛 🖾					
⊕ €P Channel1	Tag N	ame 🗸	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
Channel2	6/ FL	ECTROVALVULA	B3:0/6	Boolean	50	None	
E OPC	P FB	ECUENCIA BOMBA	E10:1	Float	50	None	
TESIS NIVEL	PZ MA	BCHA REMOTO VDE	B3:0/4	Boolean	50	None	
OPC NIVEL	E MA	RCHA VARIADOR	B3:0/2	Boolean	50	None	
	E MC	DO LOCAL	B3:0/1	Boolean	50	None	
	6 MC	DO REMOTO	B3:0/5	Boolean	50	None	
	EZ NI	/EL	N13:0	Word	100	None	
	6 NI	/EL ALTO	B11:0/1	Boolean	50	None	
	E NI	/EL BAJO	B11:0/0	Boolean	50	None	
	E NI	/EL Cm	F10:0	Float	50	None	
	2 ON	ELECTROVALVULA	B3:0/7	Boolean	50	None	
	e SE	TPOINT	F10:4	Float	50	None	
	E SE	TPOINT REMOTO	F10:5	Float	50	None	
🗣 🥔 🗢							
Date 🗸 Time	Source	Event					
① 01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Runtime service start	ed.				
① 01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethernet device dri	ver.		
① 01/01/2006 0:03:16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet	Device Driver V5.	11.26		
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethernet device dri	ver.		
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethemet device dri	ver.		
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethernet device dri	ver.		
01/01/2006 1:18:45	NI OPC Servers	Runtime performing e	ixit processing				
01/01/2006 0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 2013	3				
01/01/2006 0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet	device driver load	ed su		
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service start	ed.				
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethernet device dri	ver.		
01/01/2006 0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet	Device Driver V5.	11.26		
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethemet device dri	ver.		
0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethernet device dri	ver.		
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix	Ethemet device dri	ver.		
01/01/2006 0:09:06	NI OPC Servers	Configuration session	started by TE	SIS as Default Use	er (H/		
0:21:38	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	/ ControlLogix	Ethernet device dri	ver.		

FIGURA Nº. 50 Ventana propiedades de etiqueta de variables

#### 4.16 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL

La señal del setpoint es proporcionada por el potenciómetro que se encuentra ubicado en el tablero de control, esta alimentado con una señal de salida analógica de 10[V] a la entrada del PLC. A continuación se detalla los datos tomados de la señal del sensor de tipo flotante y del nivel del líquido en centímetros.

Nivel en cm	Datos del Sensor
0	37
0.5	72
1	120
1.5	157
2	232
2.5	266
3	324
3.5	375
4	417
4.4	465
5	496
5.5	528
6	558
6.6	592
7	622
7.5	645
	680
8.5	702
9	722
9.5	747
10	765
10.5	792
11	810
11.5	825
12	857
12.5	872
13	890

TABLA Nº. 10 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel

13.5	916
14	930
14.5	952
15	969
15.5	980
16	1013

Con la obtencion de estos datos se procede a realizar la linealidad de la señal del sensor utilizando una regresion polinomial a la 7ma y el coeficiente de correlacion R<sup>2</sup> marcando la instrucción **mdl=fitlm(datos,nivel,'ploy7')** 



FIGURA Nº. 51 curva de linealidad del sensor y coeficiente de correlación

4.17 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LABVIEW



FIGURA Nº. 52 Ventana Create Project.

En la ventana principal del nuevo proyecto se hacer un click derecho en My Computer y se selecciona **new** seguidamente nuevo **library**.



FIGURA Nº. 53 Ventana New Library

Ya creada la **New Library** hacer click derecho en la librería que se acabó de crear y posteriormente en **New I/O Server.** Posteriormente se re direcciona y se selecciona OPC Client

	oject Explorer	24 E				
File Edit View Project	t Operate Tools Window	Help				
🍋 🔂 🎒   🗶 🔖 (	🛅 🗙 🗍 🕵 尾   📖 🕶 🥐	▲   ] 🖡 📩   ] 🐉 🍱 🛃   ] 🔍 🍫 🔍				
Items Files						
🖃 🔂 Project: Untitled F	Project 1					
🖻 📕 My Computer						
Depender -	New 🕨	VI				
Build Spe	Open	Simulation Subsystem				
	Add					
-		Control				
-	Save	Library				
	Find •	I/O Server				
	Show Error Window	Class				
	Unit Tests	XControl Statechart				
	Multiple Variable Editor					
	Create Variables	SoftMotion Axis				
	Create Bound Variables	SoftMotion Table				
	Export Variables	SolidWorks Assembly				
-	Import Variables	Unit Test				
	Arrange By	Test Vectors				
	Remove from Project					
	Properties					

FIGURA Nº. 54 Ventana New I/O Server

### 4.18 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW

#### 4.18.1 LECTURAS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

Las variables nivel, frecuencia de operación de la bomba y setpoint, se utilizó indicadores numéricos enlazados a su correspondiente dirección o etiqueta.



FIGURA Nº. 55 Ventana lecturas y visualización de datos

#### 4.18.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS

La generación de reporte de datos se lo realiza mediante una paleta de funciones en el diagrama de bloques >> **Report Generation >> Excel Specific,** donde se

creó una hoja de datos en Excel para generar una exportación al presionar un controlador de tipo booleano.



FIGURA Nº. 56 Generación de reporte de datos

#### 4.18.2 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL

Se muestran los indicadores gráficos de: nivel alto, bajo encendido de la electroválvula, marcha modo remoto, paro de emergencia y un indicador de nivel. Cada uno de esta enlazado con sus respectivas etiquetas de programación.



FIGURA Nº. 57 Ventana de indicadores de nivel

#### 4.18.3 CONTROL PID

Para el control PID en modo remoto se requiere una estructura de acaso (verdadero), esto se consigue mediante un indicador de tipo booleano enlazado con la etiqueta de modo remoto en la programación.



FIGURA Nº. 58 Ventana del PID

#### 4.18.4 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID

Para la identificación del sistema se utilizó las herramientas de MATLAB, la cual permite encontrar la función de transferencia mediante los datos obtenidos mediante pruebas experimentales. Creando variables de entrada y de salida del sistema de este caso de setpoint y nivel.

1	# DATO	SETPOINT	NIVEL
2	0,00	0,00	-0,01
з	1,00	0,02	-0,01
4	2,00	0,02	-0,01
5	3,00	0,00	-0,01
6	4,00	0,00	-0,01
7	5,00	0,35	-0,01
8	6,00	10,48	-0,01
9	7,00	16,00	-0,01
10	8,00	16,00	-0,01
11	9,00	16,00	-0,01
12	10,00	16,00	-0,01
13	11,00	16,00	-0,01
14	12,00	16,00	-0,01
15	13,00	16,00	-0,01
16	14,00	16,00	-0,01
17	15,00	16,00	-0,01
18	16,00	16,00	-0,01
19	17,00	16,00	-0,01
20	18,00	16,00	-0,01
21	19,00	16,00	-0,01

FIGURA Nº. 59 Ventana datos de setpoint y nivel

Ingreso de los datos obtenidos experimentalmente de setpoint vs nivel

Get More Apps App App	Curve Fitting Optimization	MuPAD PID Tur Notebook	er System Identification	Signal Analysis	s Image Acquisition	Instrument Control	SimBiology	MATLAB Coder	Application Compiler	Classification Learner	·	
	Program Filer + MATLAR	System Identification			<b>1</b> 1 00 0 0							<b>v</b> 0
Current Folder	Command Window	System Identification Tool	ic systems from mei box 9.2	isured data (syst	temidentification)							Ωx
Name A	New to MATLAR? See reso	urces for Getting Started.		x	nivel X se	tpoint X						^
	Warming a Mattan	Teelben Deeb Ceebe			1682x1 double							
🗄 📗 registry	Type 'help toolk	ox path cache' for	more info	e and is	1	2	2	4	5	6	7	0
util ⊡ ⊒ win64	fx >>				1 -0.0100	-	,	•	-	0		• •
deploytool.bat					2 -0.0100							
🖹 lcdata.xml					3 -0.0100							
lcdata.xsd					4 -0.0100							
Cdata_utf8.xml					5 -0.0100							
Matiab.exe					6 -0.0100							
🚳 mcc.bat					7 -0.0100							
MemShieldStarte					8 -0.0100							
🧟 mex.bat	-				9 -0.0100							
Details ^					10 -0.0100							
Workspace 💿					-0.0100							
Name 🔺 Va	7				12 -0.0100							
nivel 16					13 -0.0100							
setpoint 16	2				14 -0.0100							
					15 -0.0100							_
					16 -0.0100							_
					17 -0.0100							
					18 -0.0100							
					19 -0.0100							Ψ.

FIGURA Nº. 60 ingreso de datos de Nivel y Setpoint

Posteriormente pinchamos en Identificador de sistemas



FIGURA Nº. 61 Ventana de System Identification

Se escoge **Time Domine Data** y se direcciona automáticamente se ingresan los valores de entrada y salida

System Identification - Untitled				
Import data	Operations	Import models		
Time domain data Freq. domain data Data object	< Preprocess			
Example	Working Data			
	€ Estimate>			
Data Views	To To Workspace LTI Viewer	Model Views		
Data spectra		Model resids     Frequency resp     Hamm-Wiener     Zeros and poles     Noise spectrum		
	Trash	Validation Data s line is here.		

FIGURA Nº. 62 Ventana de Time Domain Data

Mart Import Data			
Data Format for Signals			
Time-Domain Signals			
Workspace Variable			
Input:			
Output:			
Data Information			
Data name:	mydata		
Starting time:	1		
Sample time:	1		
	More		
Import	Reset		
Close	Help		

FIGURA Nº. 63 Ventana Import Data

En esta nueva ventana se selecciona la opción Quick Star

File Options Window Help	System Identification - Unti	tled	- 3- (***		
Import data       Operations         mydata       Operations         mydata      Preprocess         Select experiments       Select experiments         Select arge       Select arge         Data Views       Filter         Data spectra	File Options Window H	Help			
Data spectra     Trash     Model resids     Frequency resp     Hamm-Wiener     Zeros and poles     mydata     Noise spectrum	Import data	Operations		models	
Validation Data	<ul> <li>Data spectra</li> <li>Frequency function</li> </ul>	Trash	Model resids mydata Validation Data	Frequency resp     Zeros and poles     Noise spectrum	



FIGURA Nº. 64 Ventana de selección Quick Start

Realizada la importación de las variables se selecciona Transfer Function Model



FIGURA Nº. 65 Ventana Trasnfer Funtion Models

A continuación se ingresa el número de polos y ceros, para así poder seleccionar la función de transferencia que mejor se adapte al sistema

A Transfer Functions		
Model name: tf1 🥒		
Number of poles:	2	
Number of zeros:	1	
<ul> <li>Continuous-tir</li> </ul>	ne 🔘 Discrete-time (Ts = 0.01) 🗌 Feedthrough	
▶ I/O Delay		
Estimation Optio	ns	
	Estimate Close Help	

FIGURA Nº. 66 Ventana de ingreso de polos y ceros

La función de transferencia que se ajuste al sistema debe tener un estimado mínimo del 80%, de estabilidad en este caso la estimación fue del 94% y se procede a seleccionar la siguiente función de trasferencia:



FIGURA Nº. 67 Ventana de función de transferencia

#### 4.19 CALCULO DEL PID

En Simulink Library se crea un diagrama de bloques en lazo cerrado donde se ingresan los valores de la función de transferencia obtenida.



FIGURA Nº. 68 Ventana de simulink

Se ingresa en el bloque de PID y se selecciona la opción TUNE

Resultado de la linealidad y click en Update

PID Controller			
This block implements anti-windup, external i (requires Simulink Cor	continuous- and discrete-time PID contro eset, and signal tracking. You can tune th trol Design).	ol algorithms and includes he PID gains automaticall	s advanced features such as y using the 'Tune' button
Controller: PID	▼] Fo	orm: Parallel	
Time domain:			
Continuous-time			
Discrete-time			
Main PID Advance	Data Types State Attributes		
- Controller parameters	3		
Source:	internal	•	Compensator formula
Proportional (P):	1		
Integral (I):	1		1 N
Derivative (D):	0		$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N^{\frac{1}{2}}}$
Filter coefficient (N):	100		s s
		Tune	

FIGURA Nº. 69 Ventana de PID

#### POT UNER VERV Pont verv verv

FIGURA Nº. 70 Ventana PID

Identificación de valores del PID refinado obtenidos con Simulink Library

Eunction Block Parame	ters: PID Controller	E.C. TALA 3	×	-
PID Controller				~
This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune' button (requires Simulink Control Design).				
Controller: PID	-	Form: Parallel		
Time domain:				=
Continuous-time				
Discrete-time				
Main PID Advances	Data Turpes State Attributes			
Controller parameters				
Source:	internal	•	Compensator formula	
Proportional (P):	0.625871750521474	,		
Integral (I):	0.24932380398469			
Derivative (D):	0.0911819288154513		$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1}$	
Filter coefficient (N):	0.967011121249725		$^{3}$ 1+ $N = \frac{1}{s}$	
		Tupo		
•		Tune		Ŧ
0		OK Cancel	Help Apply	

FIGURA Nº. 71 Ventana de PID refinado

Grafica de la función de transferencia en lazo cerrado con control PID refinado



FIGURA Nº. 72 Ventana PID Tuner

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE** 



# FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS MODULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO

PRACTICA 1. CONTROL ON/OFF

AUTOR

JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO

Ibarra 2016

#### PRACTICA N. 1

#### 1. TEMA:

Implementación de un control On/Off de nivel en la plataforma grafica de labVIEW mediante un sensor de tipo flotante.

#### 1.1 OBJETIVOS:

- Asociar al estudiante con el software de labVIEW.
- Realizar la programación del PLC Allen bradley MicroLogix 1100.
- Verificar el funcionamiento del sensor de tipo flotante.

#### 1.2 CONTROL ON-OFF

La acción del control on – off se basa en que el controlador tiene solo dos posiciones o estados. Si se compara la variable de proceso (nivel) con el valor de referencia se toma una de las dos posibles acciones dependiendo del signo de error. Aplicando lo anterior al control de nivel de un tanque, si el nivel es menor que el nivel de referencia la acción es encender la bomba y la electroválvula. Mientras que si el nivel es mayor que el nivel de referencia la acción es apagar la bomba y la electroválvula.



FIGURA Nº. 1 Control On-Off

#### **1.3 SENSOR ANALOGICO**

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.



FIGURA Nº. 2 Diagrama de funcionamiento de un sensor analógico

#### 1.4 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110

El PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 (1763-L16BWA), cuenta con 12 entradas (6 a 24v DC, 4 de alta velocidad a 24v DC, 2 analógicas de 0-10v DC), 6 salidas tipo relé, una alimentación de 100v-240v AC y una fuente de voltaje de 24v DC a 250 mA. Este PLC cumple satisfactoriamente con las necesidades que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.

#### 1.5 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

LabVIEW usa un lenguaje de programación grafico Lenguaje G. Las posibilidades son normalmente las mismas que presenta cualquier lenguaje de programación:

- Modularidad a través de la confección de funciones. Trabajo con los eventos y propiedades de los controles y variables.
- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.

#### **1.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 y cable de comunicación.
- Los programas: BOOT/DHCP Server, RSLinx Classic Lite, y RSLogix Micro Starter Lite.
- Variador de frecuencia Ls IE5

- Sensor de nivel tipo flotante.
- Potenciómetro.
- Luces pilotos.
- Selector de 2 posiciones.
- Botonera de ON-OFF y de paro de emergencia.
- Bomba trifásica ½ HP.

#### **1.7 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA**

El control on- off se realiza a partir del sensor de tipo flotante que muestra la posición de la variable de control (nivel) está gobernado por un selector en dos posiciones que indica, nivel bajo y nivel alto. Dependiendo si el nivel es bajo la bomba se encenderá y la electroválvula permanecerá apagada hasta llegar al nivel de llenado del tanque, donde se encenderán la luz piloto del HMI para indicar que el proceso está completo y la bomba se apagara. Si el nivel es alto la bomba se apagará y la electroválvula se accionará hasta dejar el nivel en nivel bajo.

#### 1.8 CONCLUSIONES:

- A la hora de realizar un control o automatización se requiere de fiabilidad; con este proyecto se puede mostrar que implementando un controlador on-off se puede realizar un excelente control que cumpla con: precisión, velocidad y facilidad.
- Quizás el nivel es el tipo de control que más se realiza hoy en día, mediante este proyecto se puede observar claramente que fuerzas intervienen, como controlarlas y como medirlas.
- Se puede estructurar prácticas de laboratorio para que el modulo sea aprovechado por los estudiantes, para que puedan trabajar con la variable de nivel

#### **1.9 RECOMENDACIONES:**

- Se deberia cargar el respectivo OPC server, para tener un correcto enlazamiento entre las variables del PLC y los tags en la interfaz.
- Se sugiere manipular el campo de medida comprendido entre los limites máximo y minimo manualmente del sensor para evitar tener una lectura erronea al momento de realizar la practica.
- Si el PLC marca error, se recomienda en el programa Rslogix micro realizar un Clean fault para eliminar el error en las lineas de programacion, seguidamente se debe volver a cargar el programa en el PLC manteniendo el selector en ningun modo (local, remoto).



FIGURA Nº 3 Interfaz gráfica control On-O



FIGURA Nº 4 Diagrama de bloques control On-Off











FIGURA Nº 6. Programación del PLC

PRACTICA

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 18



FIGURA Nº 7 Programación del PLC



FIGURA Nº 8. Programación del PLC

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



# FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS MODULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO

PRACTICA 2. MEDICION DE VARIABLES

AUTOR:

JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO

Ibarra 2016

#### PRACTICA N. 2

#### 1. TEMA:

Medición de variables y adquisición de datos

#### 1.90BJETIVOS:

- Relacionar al estudiante con el software de labVIEW
- Realizar la programación del PLC Allen bradley MicroLogix 1100
- Adquirir datos de voltaje del sensor en nivel bajo y alto (on-off).

#### **1.3 CONTROL ON-OFF**

La acción del control on – off se basa en que el controlador tiene solo dos posiciones o estados. Si se compara la variable de proceso (nivel) con el valor de referencia se toma una de las dos posibles acciones dependiendo del signo de error. Aplicando lo anterior al control de nivel de un tanque, si el nivel es menor que el nivel de referencia la acción es encender la bomba y la electroválvula. Mientras que si el nivel es mayor que el nivel de referencia la acción es apagar la bomba y la electroválvula.

#### **1.4 CONEXIÓN DEL SENSOR**



FIGURA Nº 1. Diagrama de conexión del sensor

### 1.5PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110 1.6 ENTRADAS ANALÓGICAS

En cualquier modo de entrada (simple o diferencial) el voltaje del modo común entre cualquier terminal de entrada y el común de entrada analógica no puede exceder 11 V, porque de lo contrario ocurriría una operación no fiable. Las figuras que
aparecen a continuación muestran ejemplos de modo de entrada diferencial y modo de entrada simple.

## 1.7 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

LabVIEW usa un lenguaje de programación grafico Lenguaje G. Las posibilidades son normalmente las mismas que presenta cualquier lenguaje de programación:

 Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.

# **1.8 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

- PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 y cable de comunicación.
- Los programas: BOOT/DHCP Server, RSLinx Classic Lite, y RSLogix Micro Starter Lite.
- Variador de frecuencia Ls IE5.
- Sensor de nivel tipo flotante
- Potenciómetro.
- Luces pilotos.
- Selector de 2 posiciones.
- Botonera de ON-OFF y de paro de emergencia.
- Bomba trifásica 1/2 HP.

# **1.9 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA**

La medición de datos se realiza mediante la programación en el diagrama de bloques en labVIEW, donde se toma en cuenta que el sensor se alimenta con un voltaje de 0 a 10v DC y se hace una relación entre el voltaje y el número de bits en este caso de 0 a 1023. Con esta relación se muestran los valores de voltaje en nivel bajo y nivel alto (control on–off). De la misma manera se obtienen los valores de velocidad (RPM), con una relación entre 3550 RPM que es la velocidad nominal de un motor a 60 Hz, tomando en cuenta que el sistema trabaja a 25Hz.

Todo el proceso se realiza en un control on-off, en el cual se puede adquirir el voltaje del sensor en la medición del tanque, que es de 0 a 16cm, a su vez se puede adquirir las revoluciones por minuto de la bomba en una hoja de Excel para verificar la variación de voltaje del sensor y de las RPM del motor.

		-	-	-
1	# DATO	NIVEL cm	RPM MOTOR	VOLTAJE SENSOR
2	0,00	-0,10	0,00	2,54
з	1,00	-0,10	0,00	2,48
4	2,00	-0,10	0,00	2,46
5	3,00	-0,10	0,00	2,52
6	4,00	-0,10	0,00	2,50
7	5,00	-0,10	0,00	2,56
8	6,00	-0,10	0,00	2,56
9	7,00	-0,10	0,00	2,48
10	8,00	0,00	14,37	2,74
11	9,00	0,00	14,37	2,74
12	10,00	0,00	14,37	2,74
13	11,00	0,00	14,37	2,74
14	12,00	0,00	14,37	2,74
15	13,00	0,00	14,37	2,74
16	14,00	0,00	14,37	2,74
17	15,00	0,00	14,37	2,74
18	16,00	0,00	14,37	2,74
19	17,00	0,00	14,37	2,74
20	18,00	0,00	14,37	2,74
21	19,00	0.00	14,37	2,74

# 2. DATOS VOLTAJE SENSOR, RPM

FIGURA Nº 2. Obtención de datos

## 2.1 CONCLUSIONES

- La presente practica cumple con los objetivos propuestos que puede ser manejado con un control local – remoto, su operación es facil y sencilla de entender.
- El modelo de la practica que se presenta es de un modelo de primer orden, razon por la cual se utilizo un control on – off para la adquisicion de la variable de control.
- El sensor de tipo flotante es utilizado para realizar el control de adquisicion de datos, presenta una respuesta no lineal ni estable, con ello se monitorea la variable de control de centimetro en centimetro.

#### 2.2 RECOMENDACIONES:

- Se recomienda cargar el respectivo OPC server, para tener un correcto enlazamiento entre las variables del PLC y los tags en la interfaz.
- El diseño del harware y sofware tienen que ir de la mano, se recomienda entender primero el harware, para tener una idea mas clara de como realizar in software mas optimo.
- Si el PLC marca error, se recomienda en el programa Rslogix micro realizar un Clean fault para eliminar el error en las lineas de programacion, seguidamente se debe volver a cargar el programa en el PLC manteniendo el selector en ningun modo (local, remoto).



FIGURA Nº 3. Líneas de programación



PRACTICA LAD 2 - --- Total Rungs in File = 19

PRACTICA

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 19

	NIVEL BAJO	
)4	LES Less Than (A <b) Source A F10:2 9.1&lt; Source B 8.0 8.0&lt;</b) 	MOV Move Source 0.0 0.0< Dest F10:3 9.1<

FIGURA Nº 4. Líneas de programación

PRACTICA



LAD 2 - --- Total Rungs in File = 19

FIGURA Nº 5. Líneas de programación



PRACTICA

FIGURA Nº 6. Líneas de programación



FIGURA Nº 7. Líneas de programación



FIGURA Nº 8 Interfaz gráfica practica 2



FIGURA Nº 9. Diagrama de bloques practica 2

## **CAPITULO V**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1 CONCLUSIONES.

Al concluir la implementación del módulo didáctico se cumplió con los objetivos planteados, y en base a pruebas realizadas simultáneamente se presentan las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a las propiedades de los líquidos es preferible escoger el agua como fluido por su bajo grado de viscosidad y así evitar el descaste de la bomba.
- Para la medición del nivel se puede escoger un sensor de tipo flotante el cual puede ser adaptado para que muestre variaciones de voltaje de 0 a 10V. Ya que el sensor es de tipo resistivo.
- Para la linealidad del sensor se utilizó una ecuación polinomial a la 7ma debido a que este sensor no era lineal para adecuar el mejor el PID de la planta, el proceso de implementación no es complicado con la ayuda de la herramienta de Matlab.
- Se puede utilizar System Identification de Matlab para encontrar el modelo matemático de la función de transferencia y el cálculo del PID en Simulink para su mejor refinamiento, sistema computarizado que fue utilizado en este trabajo de grado.
- El HMI y el control local ayudan la fácil comprensión y manipulación por parte de los usuarios.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Antes de poner en funcionamiento el modulo didáctico se debe revisar que el tanque reservorio tenga la cantidad de agua adecuada para su correcto funcionamiento.
- Verificar que la alimentación del módulo didáctico sea trifásica con neutro, para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos
- Antes de energizar un variador que no ha sido utilizado por un largo tiempo hay que proceder a recuperarlo mediante la energización de los condensadores ya que estos pueden estar descargados y presentar conflictos de funcionamiento. Este procedimiento se lo realiza ingresando 5 V cada 5 minutos hasta llegar a los 110V a continuación se ingresa 10V cada 5 minutos hasta llegar al voltaje de funcionamientos original.
- Se recomienda utilizar cables independientes o cable UTP de red de tipo 6A para que la señal de transmisión no tenga ruidos ocasionados por la planta.
- Se sugiere revisar que no caigan impurezas dentro del tanque porque podrían almacenarse en el interior de la electroválvula obstaculizando el cierre total de la misma.

## 5.3 Bibliografía

CAÑADAS MARTINEZ, Miguel Ángel, (1993). Hidráulica Aplicada a Proyectos de Riego, España.

CRANE, División de ingeniería. Flujo de Fluidos en Válvulas Accesorios y Tuberías. México D.F., México: McGraw-Hill.

CREUS SOLÉ, Antonio, (2009). Instrumentos industriales, su ajuste y calibración", tercera edición. México D.F., México: Alfaomega Grupo editor S.A.

CREUS SOLÉ, Antonio, (2010). Instrumentación Industrial. México D.F., México: Alfaomega Grupo editor S.A.

CZEKAJ, Daniel, (1998). Aplicaciones de Ingenieria.

DE SILVA, Clarence W., (2012). Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation. Canada.

DÍAS ORTIZ, Jaime E. (2006). Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

FERNADEZ, Enrique Gancedo, MERAYO, Victor. (1999). Esqema de Instalaciones HIdraulicas, España.

GAVIÑO HERNANDEZ Ricardo, (2010). Introducción a los Sistemas de Control, Buenos Aires.

GELTRÚ, VILANOVA, (1997). Teoría De Control Electrónico, edicions UPC.

GILES, Ranald., EVETT, Jack B., y LIU, Cheng. (1994). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Madrid, España: McGraw-Hill.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto., y FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, María del Pilar, (2010). Metodología de la Investigación, McGRAW-HILL, México.

JOHNSON, Michael A., y MORADI, Mohammad H., (2005). PID Control. Londres: Springer – Verlag. KARL, J., Astromm, y TORE Hagglund, (2009). Control PID Avanzado, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

MALONEY, Timothy J., (2006). Electrónica Industrial Moderna, quinta edición, PEARSON EDUCACIÓN, México.

MARTINEZ Samuel (S/F). Reglas de sintonización para controladores PID. México: Instituto Tecnológico Superior de Huichapan.

MENDIBURU DÍAZ, Henry A., (2006). Instrumentación Virtual Industrial, versión ebook, Perú.

MOTT, Robert L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: Prnetice hall.

OGATA, Katsuiko, (2010). Mecánica De Fluidos. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.

PACHECO CHAVIRA, Jesús N., (2010). Medición y Control de Procesos Industriales. México: Trillas. 034349.

PADMANABHAN, Tattamangalam R., (2000). Industrial instrumentation. London: principles and design, Springer-Verlag.

PAÏDOUSSIS, Michael., y PRICE, Stuart., y DE LANGRE, Emmanuel, (2010). Fluid-Structure Interactions : Cross-Flow-Induced Instabilities

PEÑA DOMINGO, Joan., y GÁMIZ CARO, Juan., y GRAU SALDES, Antoni., y MARTÍNEZ GARCÍA, Herminio, (2003). Introducción a los autómatas programables: Primera edición, UOC, Aragón.

PLACKO, Dominique, (2010). Fundamentals of Instrumentation and Measurement, primera edición.

REGUÉ, J., y HAYDE, J., (1997). Control Electroneumático Moderno, España.

SOLÉ, ANTONIO, CREUS., (1997), "Intrumentación Industrial", España.

STEELE, John H., y THORPE, Steve A., y TUREKIAN, Karl K. (2010). Measurement Techniques, Platforms & Sensors: A derivative of the Encyclopedia of Ocean Sciences.

TOOLEY, Mike, (2013). PC Based Instrumentation and Control, tercera edición. Australia.

# 5.4 LINKOGRAFIA.

CONTROL ELECTRONEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO, Controladores Lógicos Programables. (27 de Mayo del 2016). *El PLC (Controlador Lógico Programable).* Recuperado de

https://books.google.com.ec/books?id=N4zt-

<u>YNZD5UC&pg=PA112&dq=concepto+controlador+logico+programable&hl=es&sa</u> =X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMIIYbbrsDcxgIVR2weCh2zCgbH#v=onepage&q=c oncepto%20controlador%20logico%20programable&f=false

CONVERTWORLD, Litros por Minuto, Caudal Volumétrico. (27 de Junio del 2016). *Litros por Segundo.* Recuperado de

http://www.convertworld.com/es/caudal-volumetrico/Litros+por+minuto.html

ECFA, Automatización Industrial. (27 de junio del 2016). *Características Principales del IE5*. Recuperado de

http://www.lscontrol.com.ar/index.php/productos/variadores/ie5

ECFA, Automatización Industrial. (27 de junio del 2016). Identificación del Variador. Recuperado de

http://www.lscontrol.com.ar/index.php/productos/variadores/ig5a

ESQUEMAS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS, Válvulas. (27 de Mayo del 2016). Válvula de bola. Recuperado de

https://books.google.com.ec/books?id=yfOa-

VwYJYMC&pg=PA22&dq=valvula+de+bola&hl=es&sa=X&ved=0CC0Q6AEwAWo VChMIxfXawsXcxgIVxZyICh1XEwDA#v=onepage&q=valvula%20de%20bola&f=fa lse

HIDRÁULICA APLICADA A PROYECTOS DE RIEGO, Hidrodinámica. (27 de Mayo del 2016). Numero de Reynolds. Recuperado de

https://books.google.com.ec/books?id=\_\_kzM0ey4ckC&pg=PA28&dq=numero+de +reynolds&hl=es&sa=X&ved=0CC0Q6AEwA2oVChMIIte\_wZDfxgIVwxweCh2oVQ Ue#v=onepage&q=numero%20de%20reynolds&f=false INTALACIONES HIDRAULICAS, Tuberias de Propileno línea Hidráulica TERFLEX. (27 de Junio del 2016). *Propiedades Tipicas.* Recuperado de

https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=r ja&uact=8&ved=0ahUKEwi8yYiylvfMAhVJKCYKHYLPBrsQFgg-MAk&url=http%3A%2F%2Fwww.termoplus.mx%2Ftermoplus%2FPAGINA%2FIN STALACIONES%2520HIDRAULICAS%2FFOLLETO%2520PPL.pdf&usg=AFQjC NGGJ9yihEyvVaxHw749pKiv2Yp1WA&sig2=VfT7842wRKV28pOhcdSTBQ

PABLO TURMERO, El Control Industrial. (27 de Junio del 2016). *Funciones de Programación de los PLC.* Recuperado de

http://www.monografias.com/trabajos101/control-industrial/control-industrial.shtml

REDES INDUSTRIALES DE TUBERÍA, BOMBAS PARA AGUA, VENTILADORES Y COMPRESORES, Rugorosidad Relativa. (27 de Mayo del 2016). *Valor de coeficiente.* Recuperado de

https://books.google.com.ec/books?id=1k3qRVvyFRcC&pg=PT23&dq=Rugosidad +relativa&hl=es&sa=X&ved=0CBoQ6AEwADgKahUKEwjCsbqAmN\_GAhWSsh4K HeWGCo0#v=onepage&q=Rugosidad%20relativa&f=false

## ANEXOS A.

# ANEXO A1. COEFICIENTE DE RESISTENCIA K EN LA TUBERÍA

			_				Nomina	l pipe size	,				
		V2	3⁄4	1	11⁄4	11/2	2	21/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
Fitting	L/D						K v	alue					
Gate Valves	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
Globe Valves	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
Angle Valves	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
Angle Valves	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80
Ball Valves	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04

## ANEXO A2 COEFICIENTES DE RESISTENCIA K EN LOS ACCESORIOS

								Nomina	l pipe size				_	
			V2	3/4	1	1%	11/2	2	21/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
Fitting		L/D						ĸ	value					
Butterily Valve			-	-				0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30
Plug Valve straightw	ay	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22
Plug Valve 3-way thru	u-fio	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
Plug Valve branch-fi	o	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08
Standard elbow	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

	,
ANEVA AN AAFEIAIENTEA DE	
ANEAU AJ GUELIGIEN LU DE	

	1	Minimum	ocity for							barre to the					
		full disc	lift	1/2	14	1.	114	11/2	Nom	Inar pipe	size			10.10	1.0.0.
Fitting	L/D	general It/sec†	water ft/sec	72	74	,	194	1 1/2	2	K value	4	6	8-10	12-16	18-24
Swing check valve	100	35 √⊽	4.43	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
	50	48 VV	6.08	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	.75	.70	.65	.6
Lift check valve	600	40 √⊽	5.06	16.2	15	13.8	13.2	12.6	11.4	10.8	10.2	9.0	8.4	7.8	7.2
	55	140 √⊽	17.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	.94	.83	.77	.72	.66
Tilting disc check valve	5°	80 √⊽	10.13						.76	.72	.68	.60	.56	.39	.24
م الم الم الم الم الم الم الم الم الم ال	15°	30 √⊽	3.80						2.3	2.2	2.0	1.8	1,7	1.2	.72
Foot valve with strainer poppet disc	420	15 √⊽	1.90	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7,1	6.3	5.9	5.5	5.0
Foot valve with strainer hinged disc	75	35 √⊽	4.43	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	.90

		,	
	)E (:()EEI(:I		
$\neg$			

	Propiedao	des Típicas		
			ASTM	
• Fluidez (MFR), grs/min		0.4	D1238	
• Densidad g/cm3		0.9	D792A	
<ul> <li>Resistencia al impacto</li> </ul>				
Izod con muesca a 23° C, J/m (pie-J	lbs/pulg)	85.(1.6)	D2J6A	
<ul> <li>Resistencia a la tensión en el punto</li> </ul>				
de cedencia N/mm2 (PSI)		34(4900)	D638	_
<ul> <li>* Coeficiente de dilatación mm/mC°</li> <li>* Absorción de agua %24h</li> <li>* Coeficiente de rugosidad C</li> <li>* Conducción Térmica kcal/mhC°</li> <li>* Elongación a la rotura %</li> <li>* Esfuerzo de flexión Kg/cm2</li> <li>* Esfuerzo de corte Kg/cm2</li> <li>* Peso específico g/ml</li> <li>* Presión máxima nominal rosca Kg/cm2</li> <li>* Presión máxima nominal termofusión 17-23</li> </ul>	0.11 0.02 150 0.19 500 330 7000 0.905 10 Kg/cm2	<ul> <li>Presión de</li> <li>Rango de a</li> <li>Resistencia</li> <li>Resistencia</li> <li>Temperatur</li> <li>Temperatur</li> <li>Temperatur</li> <li>Temperatur</li> <li>Temperatur</li> <li>Temperatur</li> <li>Velocidad r</li> <li>Viscosidad</li> </ul>	reventamiento Kg/cm2 acidez de contenido pH a dieléctica KV/mm a a la tracción kg/cm2 ra mínima soportada °C ra máxima soportada °C ra de ablandamiento °C ra de fusión °C punto de cedencia Kg/cm2 máxima de líquido m/s	$105-125 \\ 1-14 \\ 75 \\ 330 \\ -10 \\ +100 \\ +164 \\ +260 \\ 340 \\ 5.00 \\ 450$

ANEXO C DIAGRAMA DE MOODY



Moody Diagram

#### ANEXO D. DIAGRAMA DE FUERZA



#### ANEXO E. DIAGRAMA DE CONTROL



#### ANEXO F. PANEL FRONTAL DE LABVIEW



#### ANEXO G. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW

Block Diagram [0] Timeout NIVEL ALTO 250 on electrovalvula Control PID NIVEL BAJO Source Type Time PARO DE EMERGENCIA 1023 0 REMOTO ELECTROVALVULA Salse -0 Formula LOCAL 20 SETPOINT Cm HODL 1023 10577 TF ♠NIVEL Cm ► 500 VDF NIVEL Cm TF FTF Formula 2 Coeficientes de PID MARCHA REMOTO VDF F0.22 Lectura -NUMERO DE DATOS Sout PID REMOTO HOOL 4 SETPOINT REMOTO Merge Signals Waveform Chart DOL SETPOINT Cm D91.) Build Table Generacion de Reporte NIVEL Cm DBL RESET DATOS ≥ BOMBA HZ 🛚 🖌 True REPORTE 0 REPORTE \* Excel Several Second C:\Users\TESIS\Desktop\tesis nivel\Nueva carpeta (2)\TABLA.xlsx F .... 

#### ANEXO H. LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN





—MUL —	
Multiply	
Source A	F8:5
1.0934	43E+018<
Source B	N7:3
	1015<
Dest	F8:6
1.1098	45E+021<

MUL Source A F8.6 L109845-021< Source B -1.2256E-019           2 TERMINO -1.2256E-016           Dest F8.7 -136.0226           2 TERMINO MUL Source A F8.5 L093443E-018           Source A F8.5 L093443E-015           Source A F8.3 L07234E-015           Source A F8.3 L07234E-015           Source B -5.7273E-014           Dest F8.9 -01.69929           4 TERMINO 	Multiply         Source A         F8:6           1.109845F:4021         Source B         -1.2256E.019           Dest         -1.2256E.019         Dest         F8:7           1.109845F:4021         Source B         -1.2556E.019         Dest         F8:7           0.1011         Multiply         Source A         F8:5         1.07284F:015         Source B         2.5596E.016           Dest         F8:8         .077284F:015         Source A         F8:3         1.077284F:015           Source A         F8:3         .077284F:015         Source A         F8:3         .077284F:015           Source A         F8:3         .077284F:015         Source A         F8:3         .061364F:012           Source A         F8:3         .061364F:012         Source A         F8:2         .061364F:012           Source A         F8:1         .045678F:009         .24635E:010         Dest         F8:10           Dest         F8:10         .26432E:007         .26432E:007         Dest         F8:11           Source A         F8:11         .045678E:000         .000010329         .26432E:007           Dest         F8:11         .0030253.0         .000010329         .000010329         .000010329	ENCENDIDO_VDF	1_TERMINO
Multiply Source A F8.6 1.109845E4021           Source B -1.2256E-019× Dest F8.5 1.003443E4018× Source A F8.5 1.003443E4018× Source A F8.5 1.003443E4018× Source A F8.3 279.8777           3 TEMINO MUL Multiply Source A F8.3 1.077284E4015× Source B -5.7273E-014× Dest F8.9 61.69929×           4 TERMINO MUL Multiply Source A F8.2 1.001364E4012× Source B -2.4635E-010× Dest F8.10 2-26435E-010× 2-26435E-010× Dest F8.10 2-26445E-007× Source A F8.1 1.045678E4007× Source A F8.1 1.04119×	Multiply           Source A         F8:6           1.00843E:4021         Source A           Pest         F8:7           -136.0226         Multiply           Dest         F8:5           1.09343E:4012         Source A           Source A         F8:5           1.093433E:4018         Source A           Source A         F8:5           1.093433E:4018         Source A           Source A         F8:5           1.093433E:4018         Source A           Source A         F8:3           1.0772841:4015         Source A           Source A         F8:3           1.0772841:4015         Source A           Source A         F8:3           1.061364E:4012         Source A           Source B         -5.7273E:014           -5.7273E:014         -5.7273E:014           Dest         F8:1           Multiply         Source A           Source B         -2.4035E:010           Dest         F8:1           .041567:8000         Source B           Source B         2.6432E:007           Dest         F8:1           .043678:4000         Source B      <	B3:0	MUL —
Source A F8:6 L109845E4021           Source B -1.2256E-019           Dest F8:7 -136.0226           2 TERMINO MUL Multiply Source A F8:5 L093443E4018           Source B 5.7273E-014           2.5596E-016           Dest F8:3 L077284E4015           Source B 5.7273E-014           5.7273E-014           Source B 5.7273E-014           Source B 5.7273E-014           Dest F8:3           MUL           MUL           Multiply           Source A F8:3           L07738E4015           Source A F8:3           L07738E4015           Source A F8:3           L00538E4015           Source A F8:3           L061364E+012           Source A F8:3           L00538E4010           Dest F8:10           -2.4635E-010           Dest F8:10           -261.4669           Source B 2.6432E-007           2.6432E-007           Dest F8:11           1.045678E+009           Source B 2.6432E-007           Dest F8:11           276.3937           OtterMINO           Multiply           Source B 0.00010329           Dest F8:12 <t< td=""><td>Source A F8:6 1.109435F4021&lt; Source B -1.2256E-019- Dest F8:7 -136.0226           2. TERMINO Multiply Source A F8:5 Source B 2.5596E-016- Dest F8:8 279.8777           3. TEMINO Multiply Source A F8:3 1.077284E-015- Source B 5.7273E-014- 5.7273E-014- Dest F8:3 -61.09929           4. TERMINO Multiply Source A F8:2 -61.69929           4. TERMINO Multiply Source A F8:2 -61.69929           5. TERMINO </td><td></td><td>Multiply</td></t<>	Source A F8:6 1.109435F4021< Source B -1.2256E-019- Dest F8:7 -136.0226           2. TERMINO Multiply Source A F8:5 Source B 2.5596E-016- Dest F8:8 279.8777           3. TEMINO Multiply Source A F8:3 1.077284E-015- Source B 5.7273E-014- 5.7273E-014- Dest F8:3 -61.09929           4. TERMINO Multiply Source A F8:2 -61.69929           4. TERMINO Multiply Source A F8:2 -61.69929           5. TERMINO 		Multiply
L 1.09845E40214 Source B - 1.2256E-019 Dest F8:7 - 136.0226¢ 2.TERMINO Multiply Source A F8:5 L093445E4018¢ Source B 2.5596E-016 Dest F8:8 279.8777¢ 3.TEMINO MUL Multiply Source A F8:3 L077284E+015¢ Source B 5.7273E-014¢ Dest F8:9 - 61.69929¢ 4.TERMINO Multiply Source A F8:2 L061364E+012¢ Source B 2.6432E-010¢ Dest F8:10 - 261.4669¢ 5.TERMINO Multiply Source A F8:1 L04578E+009¢ Source B 2.6432E-007¢ Dest F8:11 276.3937¢ 6.TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 L04578E+009¢ Source B 2.6432E-007¢ Dest F8:11 276.3937¢ 6.TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 L04578E+009¢ Source B 2.6432E-007¢ Dest F8:11 276.3937¢ 6.TERMINO MUL Multiply Source B 1.030225.0¢ Source B 2.6432E-007¢ Dest F8:11 276.3937¢	LI-109845F-021- Source B - 1.2256E-019- Dest P - 1.2256E-019- MUL- Multiply Source A P8:5 1.093443E+018- Source B 2.5596E-016- Dest P8:8 2.2596E-016- Dest P8:8 1.077284E+015- Source A F8:3 1.077284E+015- Source A F8:3 1.077284E+015- Source A F8:3 1.071284E+015- Source A F8:3 1.07284E+015- Source A F8:3 1.07284E+015- Source A F8:3 1.07284E+015- Source A F8:3 1.07284E+015- Source A F8:3 1.07385E+010- -2.4435E-010 -2.4432E-007 2.4432E-007		Source A F8:6
Source B - 1.2256E-019 Dest F8:7 -136.0226< 2 TERMINO MUL Multiply Source A F8:5 L093443E+018 Source B 5.7273E-014 -5.7275E-014 -5.7275E-014 -5.7275E-014 -5.7275E-014 -5.7275E-014 -5.7275E-014 -5.7275E-014 -5.72	Source B - 1.2256E-019- L-2256E-019- Dest F8:7 -136.0226< 2. TERMINO Multiply Source A F8:5 1097443E-013- 1097443E-013- 1097443E-013- 1097443E-013- 1097443E-013- 109743E-014- Dest F8:8 -5.7273E-014- 0est F8:2 -0.61364E-012- Source A F8:2 -0.61364E-012- Source A F8:2 -0.61364E-012- Source A F8:2 -0.61364E-012- Source A F8:1 0045678E-000- Source A F8:1 00325.0- Source A F8:1 -0.00010329- Dest F8:10 -0.00010329- Dest F8:10 -0.00010329- Dest F8:12 -106.4119-		1.109845E+021<
□       -1.2256E.019         □       B87         -136.0226         2       TERMINO         Multiply       Source A         Source B       2.5596E.016         Dest       F8:5         1.093443E4018         Source B       2.5596E.016         Dest       F8:8         279.8777         3       TEMINO         MUL       Multiply         Source A       F8:3         1.077284E4015         Source B       5.7273E-014         Dest       F8:3         1.077284E4015         Source A       F8:2         -61.69929×         4       TERMINO         Multiply       Source A         Source B       2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         -2.61.4669       -0.0010326         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:1         Multiply       Source B         Source B       -0.00010329         0.000010329       -0.0	-1.2256E.019         Dest       F8:7         -136.0226         2       TERMINO         MUL       Multiply         Source A       F8:5         1.07284E-018         Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8         279.8777         3       TEMINO         MUL       MUL         MUL       MUL         Multiply       Source A         Source B       5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929       -61.69929         4       TERMINO         Multiply       Source A         Source A       F8:1         0.061364E-012       Source A         Source A       F8:2         1.041364E-012       Source A         Source A       F8:10         -24635E-010       -24635E-010         -24635E-010       -24635E-010         -24635E-010       -261.4669         Multiply       Source A       F8:1         Source A       F8:1         1.045678E-0092       Source A       F8:1         26432E-007       26432E-007         Dest       F8:10		Source B -1.2256E-019
$\besit{constraints} \hline $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $ $	Dest       F8:7 -136.0226         2 TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:5         1.093443E+018         Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8         279.8777         3 TEMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         -5.7273E-014       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4 TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         2.6432E-007		-1.2256E-019<
2 TERMINO         MUL         Multiply         Source A         2.5596E-016         2.5596E-016         2.5596E-016         Dest         F8:8         279.8777             3. TEMINO             MUL         Multiply         Source A         F8:9         -01.077284E+015         Source B         Source A         F8:9         -61.69929             Multiply         Source A         F8:9         -61.69929             Multiply         Source A         F8:10         -261.4669             Multiply         Source A         F8:10         -261.4669             Source A         F8:10         -261.4669             Source B         2.6432E-007         Dest       F8:1         276.3937             O             Source A <td>2. TERMINO         MUL         Multiply         Source A         Source B         2.5596E-016         2.5596E-016         Dest         F8:8         279.8777             3. TEMINO             MUL         Multiply         Source A         F8:8         279.8777             3. TEMINO             MUL             Multiply    Source A             Source A         F8:9         -61.69929             4. TERMINO             Mult             Source A</td> <td></td> <td>Dest F8.7</td>	2. TERMINO         MUL         Multiply         Source A         Source B         2.5596E-016         2.5596E-016         Dest         F8:8         279.8777             3. TEMINO             MUL         Multiply         Source A         F8:8         279.8777             3. TEMINO             MUL             Multiply    Source A             Source A         F8:9         -61.69929             4. TERMINO             Mult             Source A		Dest F8.7
-130.0220         2. TERMINO         Multiply         Source A       F8:5         1.093443E+018         Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8         279.8777         3. TEMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4. TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.001364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         0.24432E-007       Dest         Dest       F8:10         .045678E+009         Source A       F8:1         1.045678E-007         2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937         6. TERMINO         Multiply         Source A       F8:0         1030225.0         Dest       F8:11         276.3937         6. TERMINO	-130.0226         2.TERMINO         Multiply         Source A         Source B         2.5596E-016         2.5596E-016         Dest         P8:8         279.8777    3 TEMINO          MUL         Multiply         Source A         F8:3         279.8777    3 TEMINO          MUL         Multiply         Source A         F8:3         279.8777    4 TERMINO          MUL         Multiply         Source A         F8:9         -61.69929    4 TERMINO          Multiply         Source A         F8:10         -261.4669    5 TERMINO          MUL         Multiply         Source A         F8:10         -261.4669         Source B         2.6432E-007         Dest         2.6432E-007         Dest         2.6432E-007         Dest         76.3937		126 0226
$\begin{tabular}{ c c c c c c } \hline $$ UIL $$ Multiply $$ Source A $$ F8:5 $$ 1.093443E+018< $$ Source B $$ 2.5596E-016 $$ 2.5596E-016 $$ Dest $$ F8:3 $$ 1.077284E+015< $$ Source A $$ 78:3 $$ 1.077284E+015< $$ Source B $$ -5.2733E-014 $$ 5.2732E-014 $$ Dest $$ F8:9 $$ -61.69929< \hline \end{tabular}$	$\begin{array}{c c} \textbf{2.TERMINO} \\ \hline MUL \\ Multiply \\ Source A F8:5 \\ 1.093443E+018< \\ Source B 2.5596E-016 \\ 2.5596E-016 \\ 2.5596E-016 \\ 2.5596E-016 \\ 2.57273E-014 \\ \hline Dest F8:8 \\ 279.8777 \\ \hline MUL \\ Multiply \\ Source A F8:3 \\ -5.7273E-014 \\ -5.7273E-014 \\ -5.7273E-014 \\ -5.7273E-014 \\ Dest F8:9 \\ -61.69929 \\ \hline \textbf{4.TERMINO} \\ \hline MUL \\ Multiply \\ Source A F8:2 \\ 1.061364E+012 \\ Source B -2.4635E-010 \\ Dest F8:10 \\ -2.6135E-010 \\ Dest F8:10 \\ -2.61.36E+009 \\ Source B -2.6432E-007 \\ 2.6432E-007 \\ Dest F8:11 \\ 1.045678E+009 \\ Source B -2.6432E-007 \\ 2.6432E-007 \\ Dest F8:11 \\ 276.3937 \\ \hline \textbf{6.TERMINO} \\ \hline \textbf{MUL} \\ \hline Multiply \\ Source A F8:1 \\ 276.3937 \\ \hline \textbf{6.TERMINO} \\ \hline \textbf{MUL} \\ \hline Multiply \\ Source A F8:1 \\ 276.3937 \\ \hline \textbf{6.TERMINO} \\ \hline \textbf{MUL} \\ \hline \textbf{Multiply} \\ Source A F8:0 \\ -0.00010329 \\ -0.00010329 \\ Dest F8:12 \\ -106.4119 \\ \hline \end{array}$		-130.0226<
$\begin{tabular}{ c c c c c c } \hline 2.5TRMINO & F8:5 & 1.093443E+018< \\ Source B 2.5596E+016< & 2.5596E+016< \\ \hline 2.5596E+016< & 2.5596E+016< \\ \hline Dest F8:8 & 279.8777< & & & & & & & & & & & & & & & & & &$	2. TERMINO           Multiply           Source A           Source B           2.5596E-016           2.5596E-016           Dest           F8:8           279.8777             3. TEMINO           MUL           Multiply           Source A           F8:3           1.077284E+015           Source B           Source B           -5.7273E-014           -5.7273E-014           Dest           F8:9           -61.69929           4. TERMINO           Multiply           Source A           F8:1           .061364E+012           Source A           Source A           F8:10           -261.4669           Source A           F8:10           -261.4669           Source A           Setter B           2.6432E-007           2.6432E-007           Source B           0.0010329           Source A           Setter F8:11           276.3937           6_IERMINO           Multiply		
$\begin{tabular}{ c c c c c } \hline 2. TERMINO & MUL & Multiply & Source A F8:5 & 1.093443E+018< & Source B 2.5596E-016 & 2.5596E-016 & 2.5596E-016 & 2.5596E-016 & Dest F8:8 & 279.8777< & \hline \hline & MUL & Multiply & Source A & F8:3 & 1.077284E+015< & Source B -5.7273E-014 & -5.7273E-014 & -5.7273E-014 & Dest F8:9 & -61.69929< & \hline \hline & MUL & Multiply & Source A & F8:2 & -61.69929< & \hline \hline & MUL & Multiply & Source B -2.4635E-010 & -2.4635E-010 & -2.4635E-010 & -2.4635E-010 & -2.61.4669 & \hline \hline & MUL & Multiply & Source A & F8:1 & 1.045678E+009< & Source B -2.4635E-010 & -261.4669 & \hline \hline & MUL & Multiply & Source A & F8:1 & 1.045678E+009< & Source B 2.6432E-007 & 2.6432E-007 & 2.6432E-007 & 2.6432E-007 & 2.6432E-007 & Dest & F8:11 & 276.3937 & \hline \hline & MUL & Multiply & Source A & F8:0 & -0.00010329 & -0.00010329 & -0.00010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.00010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.00010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline \hline \hline \hline \hline & Multiply & Source B -0.0010329 & Dest & F8:12 & -106.4119 & \hline $	2_TERMINO MUL Multiply Source A F8:5 1.093443E+018< Source B 2.5596E-016 2.5596E-016 Dest F8:8 279.8777< 3_TEMINO MUL Multiply Source A F8:3 1.077284E+015< Source B -5.7273E-014 Dest F8:9 _61.69929< 4_TERMINO MUL Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 _261.4669< 5_TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009> Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 _76.3937< 6_TERMINO MUL MUL MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009> Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 _76.3937		
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	2       TERMINO         Multiply       Source A       F8:5         1.093443E+018       Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8       279.8777         MUL         Multiply       Source A       F8:3         1.077284E+015       Source B       -5.7273E-014         Dest       F8:9       -61.69929         ATERMINO         Multiply       Source A       F8:9         -61.69929       -61.69929       -61.69929         ATERMINO         Multiply       Source A       F8:2         1.061364E+012       Source B       -2.4635E-010         Source B       2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10       -261.4669         MUL         Multiply       Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007       2.6432E-007         Source B       2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11       276.3937         MUL         Multiply       Source A       F8:0         Source A       F8:10         0.000010329       0.000010329		2 TEDMINIO
Multiply Source A F8:5 1.093443E+018< Source B 2.5596E-016 2.5596E-016 Dest F8:8 279.8777< <b>3. TEMINO</b> MUL Multiply Source A F8:3 1.077284E+015< Source B -5.7273E-014 -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< <b>4. TERMINO</b> MUL Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< <b>5. TERMINO</b> MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 1.045678E+009 Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937	Multiply         Source A       F8:5         1.093443E+018         Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8         279.8777 <b>3 TEMINO</b> Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         -5.7273E-014       -5.7273E-014         -5.7273E-014       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929       -61.69929 <b>4 TERMINO</b> Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012       Source A         Source A       F8:2         1.061364E+012       Source B         Source A       F8:10         -2.4635E-010       Dest         Dest       F8:10         -261.4669       Source A         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       Source B         O       TERMINO         Multiply       Source A         Source B       -0.00010329         De		
Multiply           Source A         F8:5           1.093443E+018           Source B         2.5596E-016           Dest         F8:8           279.8777             MUL           Multiply           Source A         F8:3           1.077284E+015           Source B         -5.7273E-014           Dest         F8:9           -61.69929           4         TERMINO           Multiply           Source A         F8:2           1.061364E+012           Source A         F8:2           Source A         F8:10           -261.4669           5. TERMINO           Multiply           Source A         F8:10           -261.4669           5. TERMINO           Multiply           Source A         F8:10           -261.4669           Source A         F8:1           1.045678E+009           Source B         -0.6432E-007           2.6432E-007         2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937         1030225.0           Source A         F8:12	Multiply Source A         F8:5 1.093443E+018           Source B         2.5596E-016           Dest         F8:8 279.8777           3         TEMINO           MUL         Multiply Source A           Source B         -5.7273E-014           Dest         F8:9 -61.69929           4         TERMINO           MUL         Multiply Source A           Multiply Source A         F8:2 -61.69929           4         TERMINO           MUL         Multiply Source B           2.4635E-010         -24635E-010           -24635E-010         -261.4669           Dest         F8:10           -261.4669         Source B           5         TERMINO           Multiply Source A         F8:10           -261.4669         Source B           5         TERMINO           Multiply Source A         F8:11           1.045678E+009           Source B         2.6432E-007           2.6432E-007         2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937         Source A           Multiply Source A         F8:12           -0.00010329         -0.00010329           -0.0001032		Multinle
Source A = 5.5596E-016 $2.5596E-016 < 2.5596E-016 < 2.57273E-014 < 2.5000000000000000000000000000000000000$	Source A F8:5 1.093443E+018< Source B 2.5596E-016 2.5596E-016 Dest F8:8 279.8777< 3. TEMINO MUL Multiply Source A F8:3 1.077284E+015< Source B -5.7273E-014 -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< 4. TERMINO MUL Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< 5. TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009 Source A F8:1 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1.030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		Source A TO.5
1.093443:E4018         Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8         279.8777         3. TEMINO         MUL         Multiply         Source A         F8:3         1.077284E+015         Source B         Source B         -5.7273E-014         -5.7273E-014         Dest         F8:9         -61.69929             4. TERMINO             MUL             MUL             MUL             MUL             MUL             MUL             MUL             MUL             Multiply             Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       1030225.0         Source B       -0.00010329         Dest       F8:12	1.093443E4018         Source B       2.5596E-016         Dest       F8:8         279.8777         3_TEMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       5.7273E-014         -5.7273E-014       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4       TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       2.4635E-010         Dest       F8:10         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         5       TERMINO         Multiply         Source A       F8:10         -261.4669         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Source B       2.6432E-007         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       Source A         6       TERMINO         Multiply       Source A         Source B       -0.00010329         -0		Source A 18:5
$\begin{tabular}{ c c c c c c } \hline Source B & 2.5596E-016 < 2.5596E-016 < Dest F8:8 & 279.8777 < \hline \\ \hline & MUL & MUL & MUL & MULiply & Source A & F8:3 & 1.077284E+015 < Source B & 5.7273E-014 < Dest & F8:9 & -61.69929 < \hline \\ \hline & MUL & Source A & F8:2 & 1.061364E+012 < Source B & -2.4635E-010 & -2.4635E-010 & -2.4635E-010 < Dest & F8:10 & -261.4669 < \hline \\ \hline & MUL & Multiply & Source A & F8:2 & 1.045678E+009 < Source B & 2.6432E-007 < 2.6432E-007 < 2.6432E-007 < 2.6432E-007 < 2.6432E-007 < Dest & F8:11 & 276.3937 < \hline \\ \hline & MUL & MUL & MUL & MUL & MUL & Multiply & Source A & F8:1 & 276.3937 < \hline \\ \hline & & & & & & & & & & & & & & & & &$	Source B 2.5596E-016 2.5596E-016< Dest F8:8 279.8777< 3 TEMINO MUL Multiply Source A F8:3 1.07728E-014 -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< 4 TERMINO MUL Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< 5 TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6 TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 276.3937< 6 TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 276.3937		1.093443E+018<
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	2.5596E-016< Dest F8:8 279.8777< <b>3 TEMINO</b> Multiply Source A F8:3 1.077284E+015< Source B -5.7273E-014 -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< <b>4 TERMINO</b> Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< <b>5 TERMINO</b> Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< <b>6 TERMINO</b> Multiply Source A F8:0 1030225.0		Source B 2.5596E-016
$\begin{tabular}{ c c c c c } \hline Dest & F8:8\\ 279.8777< \hline \\ \hline & MUL & Multiply \\ Source A & F8:3\\ 1.077284E+015< \\ Source B & -5.7273E-014 \\ -5.7273E-014 \\ Dest & F8:9 \\ -61.69929< \hline \\ \hline & MUL & \\ \hline & Multiply \\ Source A & F8:2\\ 1.061364E+012< \\ Source B & 2.4635E-010 \\ -2.4635E-010< \\ Dest & F8:10 \\ -261.4669< \hline \\ \hline & MUL & \\ \hline & Multiply \\ Source A & F8:1 \\ 1.045678E+009< \\ Source B & 2.6432E-007 \\ 2.6432E-007 \\ Dest & F8:11 \\ 276.3937< \hline \\ \hline & MUL & \\ \hline &$	Dest         F8:8 279.8777<           3. TEMINO         MUL           Multiply         Source A           Source B         -5.7273E-014           -5.7273E-014         -5.7273E-014           Dest         F8:3           0.077284E+015         Source B           Source B         -5.7273E-014           Dest         F8:9           -61.69929         -61.69929           4. TERMINO         Multiply           Source A         F8:2           1.061364E+012         Source B           Source A         F8:2           1.06135E-010         Dest           Dest         F8:10           -261.4669         -261.4669           5. TERMINO         MUL           Multiply         Source A           Source B         2.6432E-007           2.6432E-007         2.6432E-007           Source B         2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937         -0.00010329           Obest         F8:10           -0.00010329         -0.00010329           -0.0010329         -0.00010329           Dest         F8:12           -00.0010329         Des		2.5596E-016<
279.8777<	279.8777< 3. TEMINO MUL Multiply Source A F8:3 1.077284E+015< Source B -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< 4. TERMINO MUL Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 Dest F8:10 -261.4669< 5. TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329 Dest F8:12 -106.4119<		Dest F8:8
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	3_TEMINO         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929    4_TERMINO          MUL         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10		279.8777<
3. TEMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         -5.7273E-014       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4. TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:10         -261.4669         MUL         MUL       Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009       Source B         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937<	3. TEMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         -5.7273E-014       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4. TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         5. TERMINO         Multiply         Source A       F8:10         -261.4669         5. TERMINO         Multiply         Source A       F8:10         -261.4669         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937         6. TERMINO         Mult         Multiply         Source A       F8:0         1030225.0       Source B         Source B       -0.00010329         -0.00010329       -0.00010329         Dest		
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	3. TEMINO         Mult         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014		
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	3 TEMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:3         1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         Dest       F8:9		
MUL           Multiply           Source A         F8:3           1.077284E+015           Source B         -5.7273E-014	MUL Multiply Source A F8:3 1.077284E+015< Source B -5.7273E-014 -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< 4. TERMINO Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< 5. TERMINO MUL Multiply Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1.030225.0 _/transformational Source B -0.00010329 -0.00010329 _/transformational Dest F8:12 -106.4119 _/transformational Multiply Source B -0.0010329 _/transformational Source B -0.00010329 _/transformational Source B -0.00010329_		3_TEMINO
$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Multiply Source A         F8:3 1.07728E+015           Source B         -5.7273E-014           -5.7273E-014         -5.7273E-014           Dest         F8:9 -61.69929           4. TERMINO         MUL           Multiply         Source A           Source B         -2.4635E-010 -2.4635E-010           -2.4635E-010         -2.4635E-010           Dest         F8:10           -261.4669         -261.4669           5. TERMINO         MUL           Multiply         Source A           Source B         -2.6432E-007           Dest         F8:11           1.045678E+009           Source A         F8:11           276.3937           6. TERMINO           Multiply           Source A         F8:11           276.3937           6. TERMINO           Multiply           Source A         F8:0           1030225.0           Source B         -0.00010329           -0.00010329         -0.00010329           0.00010329         -0.00010329           Dest         F8:12           -106.4119         -106.4119		MUL —
$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Source A F8:3 1.077284E+015           Source B -5.7273E-014           Dest F8:9 -61.69929           4 TERMINO Multiply Source A F8:2 1.061364E+012           Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010           -2.4635E-010 -2.4635E-010           Dest F8:10 -261.4669           5. TERMINO Multiply Source A F8:1 1.045678E+009           Source B 2.6432E-007           Dest F8:11 276.3937           6. TERMINO -MUL Multiply Source A F8:1 276.3937           6. TERMINO -MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0           Source B -0.00010329 -		Multiply
1.077284E+015         Source B -5.7273E-014         -5.7273E-014         Dest F8:9         -61.69929	1.077284E+015         Source B       -5.7273E-014         -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4. TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       2.4635E-010         Dest       F8:10         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -2.61.4669         5. TERMINO         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937         6. TERMINO       MUL         Multiply       Source A         Source B       0.00010329         -0.00010329       -0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119       -106.4119		Source A F8:3
Source B $-5.7273E-014$ -5.7273E-014 < Dest F8:9 -61.69929 < 4. TERMINO Multiply Source A F8:2 1.061364E+012 < Source B $-2.4635E-010 <$ -2.4635E-010 < Dest F8:10 -261.4669 < 5. TERMINO Multiply Source A F8:1 1.045678E+009 < Source B $2.6432E-007 <$ Dest F8:11 276.3937 < 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 -261.4669 < 5. TERMINO -2.6432E-007 < Dest F8:11 276.3937 < 6. TERMINO MUL Multiply Source B $-0.00010329 <$ -0.00010329 < Dest F8:12 -106.4119 <	Source B -5.7273E-014 -5.7273E-014 Dest F8:9 -61.69929< 4. TERMINO 		1 077284E+015<
-5.7273E-014         Dest       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4. TERMINO         Multiply         Source A         F8:10         -2.4635E-010         -2.4635E-010         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         5. TERMINO         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937	-5.7273E-014         Dest       -5.7273E-014         Dest       F8:9         -61.69929         4. TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         5. TERMINO         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937         6. TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:0         030225.0         Source B       -0.00010329         -0.00010329       -0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119		Source B -5 7273E-014
Dest         F8:9 -61.69929           4. TERMINO         MUL           Multiply         Source A           Source B         -2.4635E-010           -2.4635E-010         -2.4635E-010           Dest         F8:10           -2.4635E-010         -2.6435E-010           Dest         F8:10           -261.4669         -261.4669           5. TERMINO           Multiply         Source A           Source B         2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937         Dest           MUL           Multiply           Source A         F8:0           _000010329         -0.00010329           Dest         F8:12           -106.4119         -106.4119	Dest         F8:9 -61.69929           4. TERMINO           Multiply           Source A           F8:10           -2.4635E-010           -2.4635E-010           Dest           F8:10           -261.4669           5. TERMINO           Multiply           Source A           F8:10           -261.4669           5. TERMINO           Multiply           Source A           F8:11           .045678E+009           Source B           2.6432E-007           2.6432E-007           2.6432E-007           2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937           6. TERMINO           MUL           Source A           -0.00010329 </td <td></td> <td>-5 7273E-014</td>		-5 7273E-014
Jest       -61.69929         4_TERMINO       -61.69929         MUL       MUL         Multiply       Source A         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669       -261.4669         MUL       Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009       Source B         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       -261.4669	Lest         P8:9 -61.69929           4. TERMINO         MUL           Multiply         Source A           Source B         -2.4635E.010           -2.4635E.010         -2.4635E.010           Dest         F8:10           -261.4669         -261.4669           5_TERMINO         MUL           Multiply         Source A           Source A         F8:1           1.045678E+009         Source B           Source B         2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937         Source A           6         TERMINO           MUL         Multiply           Source A         F8:1           276.3937         Dest           6         TERMINO           Multiply         Source A           Source B         -0.00010329           Outliply         Source B           0.00010329         -0.00010329           Dest         F8:12           -106.4119         -106.4119		Dest E0.0
-61.69929< 4 TERMINO Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< 5 TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329	-61.69929         4 TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         5. TERMINO         MUL         Multiply         Source A         F8:10         -261.4669         Source A         F8:10         -261.4669         Multiply         Source A         F8:10         -261.4669         Source A         F8:10         -261.4669		Dest F8:9
4_TERMINO         -MUL         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E012         Source B       2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             6       TERMINO             MUL       Multiply         Source A       F8:1         276.3937<	4. TERMINO         Multiply         Source A         F8:2         1.061364E+012         Source B       2.4635E-010         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:1         .045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             6. TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:0         .04010329         Dest       F8:10         .000010329       -0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119		-61.69929<
4. TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669    5. TERMINO          MUL         Multiply         Source A         F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             6. TERMINO             MUL         Multiply         Source A         F8:11         276.3937             6. TERMINO             Multiply         Source A       F8:0         0.00010329         -0.00010329         -0.00010329         0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119	4_TERMINO         Multiply         Source A         F8:2         1.061364E+012         Source B         -2.4635E-010         -2.4635E-010         Dest         F8:10         -261.4669    Source A          MUL         Multiply         Source A         F8:1         1.045678E+009         Source B         2.6432E-007         2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             6.TERMINO             Mult             Mult             Source B         .6.432E-007         2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             Multiply         Source A       F8:0         1030225.0         Source B       -0.00010329         -0.00010329       -0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119		
4. TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10	4 TERMINO         MUL         Multiply         Source A       F8:2         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669       -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009       Source B         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       Dest         Multiply       Source A         Source B       -0.00010329         Dest       F8:12         -000010329       Dest         Dest       F8:12         -106.4119       200010329		
4_TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10	4_TERMINO         Multiply         Source A       F8:2         1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4535E-010         Dest       F8:10         -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:10         -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             6       TERMINO         Multiply       Source A         Source B       -0.00010329         Outree A       F8:0         Multiply       Source B         Source B       -0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119       2.006.4119		
Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< <b>5_TERMINO</b> MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< <b>6_TERMINO</b> MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329	MUL Multiply Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< 5_TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0 _/		4_TERMINO
Multiply Source A         F8:2 1.061364E+012           Source B         -2.4635E-010 -2.4635E-010           Dest         F8:10 -261.4669           5         TERMINO Multiply Source A         F8:1 1.045678E+009           Source B         2.6432E-007           Dest         F8:11 276.3937           MUL           Multiply Source A           Source B         0.00010329           Dest         F8:10 1030225.0           Source B         -0.00010329           Dest         F8:12 -106.4119	Multiply Source A         F8:2           1.061364E+012           Source B         -2.4635E-010           -2.4635E-010         -2.4635E-010           Dest         F8:10           -261.4669         -261.4669           MUL           Multiply           Source A         F8:1           1.045678E+009         Source B           Source B         2.6432E-007           Dest         F8:11           276.3937         Dest           Multiply         Source A           Source B         -0.00010329           -0.00010329         Dest           Dest         F8:12           -106.4119		MUL —
Source A F8:2 1.061364E+012< Source B -2.4635E-010 Dest F8:10 -2.4635E-010       Dest F8:10 -261.4669       MUL       Multiply Source A F8:1 1.045678E+009       Source B 2.6432E-007       Dest F8:11 276.3937       6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0       Source B -0.00010329 -0.00010329       -000010329 -0.00010329       Dest F8:12 -106.4119	Source A F8:2 1.061364E+012 Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669   5 TERMINO   MUL   Multiply Source A F8:1 1.045678E+009 Source B 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937   6 TERMINO   Multiply Source A F8:0 1030225.0 Source B -0.00010329 Dest F8:12 -106.4119		Multiply
1.061364E+012         Source B -2.4635E-010         -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B 2.6432E-007         2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937	1.061364E+012         Source B       -2.4635E-010         -2.4635E-010       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669       -261.4669         Multiply       Source A       F8:1         Source B       2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11       276.3937         MUL         Multiply       Source A       F8:11         276.3937       276.3937       -1030225.0         Source B       -0.00010329         Outce B       -0.00010329       -0.00010329         Dest       F8:12       -106.4119		Source A F8:2
Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010           Dest         F8:10 -261.4669           MUL         Multiply Source A F8:1 1.045678E+009           Source B 2.6432E-007         2.6432E-007           Dest         F8:11 276.3937           Multiply Source A F8:0 Dest         F8:0 F8:11 276.3937           MUL         MUL           Multiply Source A F8:0 Dest         F8:0 1030225.0           Source B -0.00010329         -0.00010329           Dest         F8:12 -106.4119	Source B -2.4635E-010 -2.4635E-010 Dest F8:10 -261.4669< 5. TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		1.061364E+012<
-2.4635E-010         Dest       -2.4635E-010         Dest       F8:10         -261.4669         MUL         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:1         276.3937         6.TERMINO         MUL         Multiply         Source A         F8:1         276.3937	5. TERMINO		Source B -2 4635E-010
Dest         F8:10 -261.4669<           5_TERMINO	Dest         F8:10 -261.4669           5. TERMINO		-2.4635E-010
Jest     13.10       -261.4669       5. TERMINO       Multiply       Source A       F8:1       1.045678E+009       Source B       2.6432E-007       2.6432E-007       Dest       F8:11       276.3937         6. TERMINO       MUL       Multiply       Source A       F8:0       1030225.0       Source B       -0.00010329       -0.00010329       Dest       F8:12       -106.4119	Jest       F8:10 -261.4669         MUL       MUL         Multiply       Source A         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937       Multiply         Source A       F8:0         Multiply       Source A         Source B       -0.00010329         Dest       F8:12         -106.4119       -106.4119		-2.4033E-010< Dect E2.10
5 TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329	5_TERMINO MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6 TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0           6 TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0           Source B -0.00010329 -0.00010329 Dest F8:12 -106.4119		261.4660
5_TERMINO -MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007< 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	5 TERMINO -MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007< 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6 TERMINO -MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.000103292 Dest F8:12 -106.4119<		-201.4009<
5. TERMINO         -MUL         Multiply         Source A       F8:1         1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937<	5 TERMINO           MUL           Multiply           Source A           F8:1           1.045678E+009           Source B           2.6432E-007           Dest           F8:11           276.3937           6_TERMINO           Multiply           Source A           F8:0           1030225.0           Source B           -0.00010329           Dest           F8:12           -106.4119		
5. TERMINO         MUL         Multiply         Source A         F8:1         1.045678E+009         Source B         2.6432E-007         2.6432E-007         Dest         F8:11         276.3937<	5. TERMINO         Multiply         Source A         F8:1         1.045678E+009         Source B         2.6432E-007         2.6432E-007         Dest         F8:11         276.3937             6. TERMINO             Mult         Multiply         Source A         F8:0         1030225.0         Source B         -0.00010329         Dest         F8:12         -106.4119		
MUL       MUL         Multiply       Source A       F8:1         1.045678E+009       Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11       276.3937         MUL         Multiply       Source A       F8:0         Source A       F8:0         MUL         Multiply       Source A       F8:0         Source B       -0.00010329         -0.00010329       -0.00010329       -0.00010329         Dest       F8:12       -106.4119			5 TEDMINO
MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	MUL Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		5_TERMINO
Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< MUL Multiply Source A F8:0 103025.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Multiply Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6 TERMINO Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		MUL
Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Source A F8:1 1.045678E+009< Source B 2.6432E-007 Dest F8:11 276.3937< 6 TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329 Dest F8:12 -106.4119<		Multiply
1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937<	1.045678E+009         Source B       2.6432E-007         Dest       F8:11         276.3937             6_TERMINO             MUL             Multiply         Source A       F8:0         1030225.0         Source B       -0.00010329         Dest       F8:12		Source A F8:1
Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Source B 2.6432E-007 2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937<		1.045678E+009<
2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	2.6432E-007< Dest F8:11 276.3937< 6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		Source B 2.6432E-007
Dest         F8:11           276.3937           6_TERMINO           MUL           MUL           Source A           F8:0           Source B           -0.00010329           -0.00010329           Dest           F8:12           -106.4119	Dest         F8:11           276.3937           6_TERMINO           MUL           Multiply           Source A           F8:0           1030225.0           Source B           -0.00010329           Dest           F8:12           -106.4119		2.6432E-007<
6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	6_TERMINO MUL Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		Dest F8:11
6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		276 3037-
6. TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		270.3937<
6_TERMINO MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	6_TERMINO -MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0           Source B -0.00010329           -0.00010329           Dest F8:12 -106.4119		
6_TERMINO -MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	6_TERMINO -MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		
Multiply Source A F8:0 Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	MUL Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		6 TERMINO
Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		
Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Multiply Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		MUL
Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Source A F8:0 1030225.0< Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		Multiply
1030225.0           Source B         -0.00010329           -0.00010329           Dest         F8:12           -106.4119	1030225.0           Source B         -0.00010329           -0.0010329         -0.0010329           Dest         F8:12           -106.4119         -106.4119		Source A F8:0
Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	Source B -0.00010329 -0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		1030225.0<
-0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<	-0.00010329< Dest F8:12 -106.4119<		Source B -0.00010329
Dest F8:12 -106.4119<	Dest F8:12 -106.4119<		-0.00010329<
-106.4119<	-106.4119<		Dest F8.12
-100.4119<	-106.4119<		DCSL F0.12
			-100.4119<

MI II	
Multiply	
Source A	N7:3
	1015<
Source B	0.025864
	0.025864<
Dest	F8:13
	26.25196<

0       Add         0       Source A         156.0256       Source B         Source B       F8:4         143.8551       Best         Add       Source A         Source A       F8:14         143.8551       Ital.8551         Source A       F8:14         Source A       F8:15         Source A       F8:15         Source A       F8:15         Source A       F8:15         Source A       F8:16         Source A       F8:16         Source A       F8:16         Source B       F8:10         Source B       F8:10         Source B       F8:11         Source B       F8:10         Source B       F8:11         Source B       F8:10         Dest       F8:16         Source B       F8:11         Source B       F8:12         Dest       F8:13         Source A       F8:17	ENCENDIDO_VDF B3:0	
Y2Y3         Add         Source A       F8:14         Source B       F8:15         S2.15586         Y2Y3Y4         ADD         ADD         ADD         ADD         ADD         Source A       F8:15         S2.15586         Source B       F8:16         Dest       F8:16         Source A       F8:16         Source B       F8:16         Source A       F8:16         Source A       F8:16         Source B       F8:11         Source A       F8:16         Source A       F8:16         Source A       F8:16         Source A       F8:19         MDD       Add         Source A       F8:19         Source A       F8:19         Source B       F8:19         Source B       F8:12         Source B       F8:12         Source B       F8:12         Source B       F8:12 <td>0</td> <td>Add Source A F8:7 -136.0226&lt; Source B F8:8 279.8777&lt; Dest F8:14 143.8551&lt;</td>	0	Add Source A F8:7 -136.0226< Source B F8:8 279.8777< Dest F8:14 143.8551<
82.15586         1Y2Y 3Y4         Add         Source A       F8:15         82.15586         Source B       F8:10         -261.4669       -261.4669         Dest       F8:16         -179.3111       -179.3111         1Y2Y 3Y4Y5       -179.3111         Source A       F8:16         -179.3111       -179.3111         Source B       F8:11         Source B       F8:11         0est       -78:19         97.08264       -4DD         Add       -302         Source A       F8:19         97.08264       -106.4119         Dest       F8:17         -106.4119       Dest         -106.4119       -106.4119         Dest       -9.3293		ADD Add Source A F8:14 143.8551< Source B F8:9 -61.69929< Dest F8:15
-261.4669         Dest       F8:16         -179.3111         Add         Source A       F8:16         276.3937         Dest       F8:19         97.08264         Source A       F8:19         97.08264         Source A       F8:19         97.08264         Source B       F8:17         -106.4119       Dest         Dest       F8:17         -9.3293<		1Y2Y3Y4           ADD           Add           Source A         F8:15           82.15586           Source B         F8:10
-179.3111< Source B F8:11 276.3937< Dest F8:19 97.08264< ADD Add Source A F8:19 97.08264< Source A F8:19 97.08264< Source B F8:12 -106.4119< Dest F8:17 -9.3293<		-261.4669< Dest F8:16 -179.3111< ADD AdD Source A F8:16
Add Source A F8:19 97.08264< Source B F8:12 -106.4119< Dest F8:17 -9.3293<		-179.3111< Source B F8:11 276.3937< Dest F8:19 97.08264<
		Add Source A F8:19 97.08264< Source B F8:12 -106.4119< Dest F8:17 -9.3293<












# ANEXOS FOTOGRÁFICOS













# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



# FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS MODULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO

MANUAL DE USUARIO

AUTOR:

JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO

Ibarra 2016

# **INDICE GENERAL**

MANUAL DE USUARIO 128
INDICE GENERAL 129
INDICE DE FIGURAS 131
INDICE DE TABLAS 134
DESCRIPCIÓN DEL MODULO 135
1.1BREAKER TRIFÁSICO 136
1.2 BARRAS TRIFÁSICA DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS 136
1.3 BREAKER TRIFÁSICO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA 136
1.4 BREAKER MONOFÁSICO 136
1.5 BREAKER MONOFÁSICO DEL PLC 136
1.6 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110 137
1.7 CABLE DE COMUNICACIÓN 485 138
1.8 CONTACTOR 110V 138
1.9 TOMACORRIENTE MONOFÁSICO 138
1.10 VARIADOR DE FRECUENCIA IE5 138
1.10.1 ESTRUCTURA INTERNA139
2. USO DEL MODULO DIDÁCTICO 140
2.1 ANTES DE INICIAR
2.2 PANEL FRONTAL DE PROGRAMACIÓN140
2.3 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR140
2.4 LA PROGRAMACIÓN DEL PLC147
2.3 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC 157
2.3.1 ABRIR EL PROGRAMA OPC SERVER CONFIGURACIÓN157
2.4 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LA VENTANA DE INICIO DE LABVIEW

2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW
2.5.1 LECTURAS, VISUALIZACIÓN DE DATOS160
2.5.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS167
2.5.3 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL167
2.5.4 CONTROL PID167
2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE NIVEL
2.7 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL 168
2.8 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID 174
2.9 CALCULO DEL PID 178

# **INDICE DE FIGURAS**

FIGURA Nº. 1 Elementos del tablero de control 135
FIGURA Nº. 2 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA): 137
FIGURA Nº. 3 Esquema general de cableado (1763-L16BWA) 137
FIGURA Nº. 4 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA): 138
FIGURA Nº. 5 Variador de frecuencia IE5 ESTRUCTURA EXTERNA 139
FIGURA Nº. 6 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna 139
FIGURA Nº. 7 Panel frontal 140
FIGURA Nº. 8 Ventana de Panel de control 141
FIGURA Nº. 9 Ventana de Redes de Internet 141
FIGURA Nº. 10 Ventana de Centro Redes y recursos Compartidos 141
FIGURA Nº. 11 Ventana de Conexiones de Internet 142
FIGURA Nº. 12 Ventana de Propiedades de Internet 142
FIGURA Nº. 13 Ventana de Propiedades Protocolo de Internet versión
4(TCP/IPv4)
FIGURA Nº. 14 Ventana de BOOT/DHCP 143
FIGURA Nº. 15 Ventana de BOOT/DHCP 143
FIGURA Nº. 16 Ingreso de la Ip MAC del PLC 143
FIGURA Nº. 17 Comunicación BOOTP/ DHCP 144
FIGURA Nº. 18 Ventana RSlinx Classic 144
FIGURA Nº. 19 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador 145
FIGURA Nº. 20 Ventana de RSLogix Micro 145
FIGURA Nº. 21 Ventana de Select Processor Type 145
FIGURA Nº. 22 Channel Configuration 146
FIGURA Nº. 23 Ventana de Channel Configuration 146
FIGURA Nº. 24 Ventana Channel Configuration 147
FIGURA Nº. 25 Ventana Channel Configuration 147
FIGURA Nº. 26 Programación del PLC 148
FIGURA Nº. 27 Programación del PLC 149
FIGURA Nº. 28 Programación del PLC 150
FIGURA Nº. 29 Programación del PLC 151
FIGURA Nº. 30 Programación del PLC 152
FIGURA Nº. 31 Programación del PLC 153

FIGURA Nº. 32 Programación del PLC	154
FIGURA Nº. 33 Programación del PLC	155
FIGURA Nº. 34 Programación del PLC	156
FIGURA Nº. 35 Programación del PLC	157
FIGURA Nº. 36 Creación de un New Channel	157
FIGURA Nº. 37 Configuración de Channel name	158
FIGURA Nº. 38 Selección del PLC y comunicación	158
FIGURA Nº. 39 New Channel – Network Interface	159
FIGURA Nº. 40 Ventana New Channel – Write Optimization	159
FIGURA Nº. 41 Ventana creación New Device	160
FIGURA Nº. 42 Ventana Device model	160
FIGURA Nº. 43 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC	161
FIGURA Nº. 44 Ventana New Device – Scan Mode	161
FIGURA Nº. 45 Ventana Tag Properties	162
FIGURA Nº. 46 Ventana Create Project.	163
FIGURA Nº. 47 Ventana New Library	163
FIGURA Nº. 48 Ventana New I/O Server	164
FIGURA Nº. 49 Ventana Create I/O Server	164
FIGURA Nº. 50 Ventana Configure OPC Cliente I/O Server	165
FIGURA Nº. 51 Ventana creación New VI	165
FIGURA Nº. 52 Ventana New VI	166
FIGURA Nº. 53 Ventana de lectura de datos	166
FIGURA Nº. 54 Ventana de generación de reportes	167
FIGURA Nº. 55 Ventana de indicadores gráficos	167
FIGURA Nº. 56 Ventana bloque de PID	168
FIGURA Nº. 57 Diagrama de bloques de control de Nivel	168
FIGURA Nº. 58 Ventana creación New workspace	170
FIGURA Nº. 59 Ventana de variables New workspace	171
FIGURA Nº. 60 Ventana inserción datos de las variables creadas	171
FIGURA Nº. 61 Inserción de datos	172
FIGURA Nº. 62 Ventana de linealidad del sensor	172
FIGURA Nº. 63 Ventana selección de Basic Fitting	173
FIGURA Nº. 64 Ventana selección de Basic Fitting	173
FIGURA Nº. 65 Curva de linealidad del sensor vs setpoint	174

FIGURA Nº. 66 Datos de setpoint y nivel 174
FIGURA Nº. 67 Ingreso de datos de Nivel y Setpoint 175
FIGURA Nº. 68 Ventana de System Identification 175
FIGURA Nº. 69 Ventana de Time Domain Data 175
FIGURA Nº. 70 Ventana Import Data 176
FIGURA Nº. 71 Ventana de selección Quick Start 176
FIGURA Nº. 72 Ventana Trasnfer Funtion Models 177
FIGURA Nº. 73 Ventana de ingreso de polos y ceros 177
FIGURA Nº. 74 Ventana de función de transferencia 178
FIGURA Nº. 75 Ventana de ingreso de bloques 179
FIGURA Nº. 76 Ventana de ingreso de valores de la función de
transferencia179
FIGURA Nº. 77 Ventana de simulink 180
FIGURA Nº. 78 Ventana de PID 180
FIGURA Nº. 79 Ventana PID Tuner 181
FIGURA Nº. 80 Ventana de PID refinado 181
FIGURA Nº. 81 Ventana PID Tuner

#### **INDICE DE TABLAS**

TABLA Nº. 1 Descripción de los componentes del tablero de control...... 136 TABLA Nº. 2 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel ...... 169

## **DESCRIPCIÓN DEL MODULO**

#### • Descripción

El presente modulo didáctico de control de nivel de líquidos tiene como objetivo brindar aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ing. En Mantenimiento Eléctrico en sistemas de control e instrumentación utilizando variables en tiempo real mediante una comunicación gráfica en la plataforma de labVIEW y junto a una calibración de variables de PID del sistema.

#### • Elementos



FIGURA Nº. 1 Elementos del tablero de control

1	Breaker principal 6A	6	PLC Allen Bradley MicroLogix 1110
2	Barras trifásica de distribución	7	Cable de comunicación 485
3	Breaker trifásico del variador de frecuencia	8	Contactor 110V
4	Breaker monofásico	9	Tomacorriente
5	Breaker monofásico del PLC	10	Variador de frecuencia iE5

#### TABLA Nº. 1 Descripción de los componentes del tablero de control.

# **1.1 BREAKER TRIFÁSICO**

El módulo didáctico necesita de una conexión de 330V de corriente alterna para energizar a la barra de distribución y cada una de sus cargas.

# **1.2 BARRAS TRIFÁSICA DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS**

Es un elemento de distribución de cargas consta de cuatro barras, tres son para distribución de las fases y una barra de neutro. La cual reparte a cada uno de los circuitos que integran el módulo

# **1.3 BREAKER TRIFÁSICO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA**

Breaker trifásico es un dispositivo de protección para el variador de frecuencia

# 1.4 BREAKER MONOFÁSICO

Breaker monofásico para protección de los equipos a conectarse en el modulo

#### **1.5 BREAKER MONOFÁSICO DEL PLC**

Breaker monofásico para protección del PLC

#### 1.6 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110

El PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 (1763-L16BWA), cuenta con 12 entradas (6 a 24v DC, 4 de alta velocidad a 24v DC, 2 analógicas de 0-10v DC), 6 salidas tipo relé, una alimentación de 100v-240v AC y una fuente de voltaje de 24v DC a 250 mA. Este PLC cumple satisfactoriamente con las necesidades que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.



FIGURA №. 2 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA): Fuente: (Manual de usuario MicroLogix 1100)

Esquema de conexiones internas del PLC MicroLogix 1100 (1763-L16BWA)



FIGURA Nº. 3 Esquema general de cableado (1763-L16BWA). Fuente: (Manual de usuario MicroLogix 1100)

## 1.7 CABLE DE COMUNICACIÓN 485

Según National Instruments: la comunicación RS-485 es una mejora significativa sobre RS-422 y la RS- 232 ya que se incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima.



**FIGURA Nº. 4** MicroLogix 1100 (1763-L16BWA): Fuente: (Manual de usuario MicroLogix 1100)

# 1.8 CONTACTOR 110V

Contactor monofásico enclava y desenclava el variador de frecuencia con la activación del paro de emergencia deja de funcionar la bomba de agua que es lo principal en el sistema de control de nivel de agua.

#### **1.9 TOMACORRIENTE MONOFÁSICO**

Se lo utiliza para alimentación del computador cuando el sistema está en modo remoto.

#### 1.10 VARIADOR DE FRECUENCIA IE5

Es un dispositivo trifásico que sirve para controlar la frecuencia de un motor, el dispositivo cuenta con una comunicación 485 a dos hilos, cuenta con una

comunicación para módulo de expansión o de potenciómetro y con una salida analógica a 12VDC.



FIGURA Nº. 5 Variador de frecuencia IE5 ESTRUCTURA EXTERNA Fuente: (Manual de Guía)

#### 1.10.1 Estructura interna.



FIGURA Nº. 6 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna.

Fuente: (Manual de guía)

# 2. USO DEL MODULO DIDÁCTICO

# 2.1 ANTES DE INICIAR

El computador en el cual vaya a conectar el módulo debe estar instalado **LabVIEW**, **Matlab, RSLink Classic y el BOOTP DHCP Server** para realizar la comunicación del PLC con el computador y el **RS MicroLogix** para la programación en lenguaje Ladder.



# 2.2 PANEL FRONTAL DE PROGRAMACIÓN



# 2.3 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR

Antes de comenzar a programar hay que ingresar en el programa RSLink Classic para obtener la comunicación entre el PLC y el computador se procede de la siguiente manera: ingresamos al **Panel de Control** del computador, una vez abierta la ventana se elige **Redes e Internet** de acuerdo al siguiente diagrama.



FIGURA Nº. 8 Ventana de Panel de control

Se Ingresa a Centro Redes y recursos Compartidos en la opción Ver el estado y las tareas de red



FIGURA Nº. 9 Ventana de Redes de Internet

Se selecciona Cambiar Configuración del Adaptador



FIGURA Nº. 10 Ventana de Centro Redes y recursos Compartidos

En esta ventana se elige la opción Ethernet



FIGURA Nº. 11 Ventana de Conexiones de Internet

Se selecciona la opción Protocolo de Internet versión 4(TCP/IPv4)

Irganizar 👻 Hechabilitar ecte dichocitivo de red 🛛 Hiagno	etica
Propiedades de Ethernet	$\times$
Funciones de red Uso compartido	_
Conectar con:	
Realtek PCIe GBE Family Controller	
Configurar Esta conexión usa los siguientes elementos:	Ĩ
Instalar Desinstalar Propiedades	
Descripción Protocolo TCP/IP. El protocolo de red de área extensa predeteminado que permite la comunicación entre varias redes conectadas entre sí.	
Aceptar Cancela	•

FIGURA Nº. 12 Ventana de Propiedades de Internet

Y se procede a ingresa de la dirección lp del computador en este caso **192.168.111.11 y la 255.255.255.0** y se selecciona aceptar.

Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/II	Pv4) ×
General	
Puede hacer que la configuración IP se asigne automá red es compatible con esta funcionalidad. De lo contra consultar con el administrador de red cuál es la configu apropiada.	iticamente si la irio, deberá uración IP
Obtener una dirección IP automáticamente	
Usar la siguiente dirección IP:	
Dirección IP: 192 . 168	3 . 111 . 11
Máscara de subred: 255 . 255	5.255.0
Puerta de enlace predeterminada:	· ·
Obtener la dirección del servidor DNS automática	mente
Usar las siguientes direcciones de servidor DNS:	
Servidor DNS preferido: .	
Servidor DNS alternativo:	
Validar configuración al salir Opcio	ones avanzadas
Acep	tar Cancelar

FIGURA Nº. 13 Ventana de Propiedades Protocolo de Internet versión 4(TCP/IPv4)

Abrir el programa **BOOT/DHCP** server tool y se ingresa nuevamente las direcciones ateriores y seleccionamos y se pincha OK.

Network Settings	×
_ Defaults	
Subnet Mask:	255 . 255 . 255 . 0
Gateway:	192 . 168 . 111 . 1
Primary DNS:	0.0.0.0
Secondary DNS:	0.0.0.0
Domain Name:	
L	OK Cancel

FIGURA Nº. 14 Ventana de BOOT/DHCP

#### En esta ventana se selecciona New

Clear Histor						
(hr:min:sec)	Туре	Ethernet Add	iress (MAC)	IP Address	Hostname	
Belation List —						
New Deli	te Doabl		nable DHCP	Disable BOOTP/DHCP	1	
			I I I I I I I I I I I I I I I I I I I			

FIGURA Nº. 15 Ventana de BOOT/DHCP

Se ingresa la dirección **Ethernet (MAC)** que se encuentra en el PLC y se le asigna una dirección lp al PLC **192.168.111.2** y se presiona ok.

ſ	New Entry
	Ethernet Address (MAC): 001D9CA0EFDD
	Hostname: Description:
l	OK Cancel

FIGURA Nº. 16 Ingreso de la Ip MAC del PLC

Ventana de comunicación BOOTP/DHCP

BOOTP/DHCP Server	2.3			
Request History Clear History Add	I to Relation List			
(hr:min:sec) Type	Ethernet Address (MAC)	IP Address	Hostname	
Relation List New Delete Ena	able BOOTP Enable DHCP Di	sable BOOTP/DHCP		
Ethernet Address (MA	2) Type IP Address	Hostname	Description	
00:10:9C:A0:EF:DD	192.168.111.2	2		

FIGURA Nº. 17 Comunicación BOOTP/ DHCP

Abrir el programa RSlinx Classic que se encuentra en el computador, para confirmar si exista una comunicación y hacer un clic en Communications >> RSWho

🇞 I	RSLinx (	lassic Lite						-	Х
File	View	Communications	Station	DDE/OPC	Security	Window	Help		
쁆	5	RSWho							
		Configure Dri	vers						
		Configure Sho	ortcuts						
		Configure Clie	ent Applic	ations					
		Configure CIP	Options.						
		Driver Diagno	stics						
		CIP Diagnosti	CS						

FIGURA Nº. 18 Ventana RSlinx Classic

Se puede apreciar que ya existe de comunicación exitosa entre el PLC y el computador.



FIGURA Nº. 19 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador

Abrir el programa RSLogix Micro para preceder a la programación. Una vez abierta la ventana del programa pinchamos en **File** seguidamente en **New** 

	🛔 RSLogia	Micro Starter	Lite		-	٥	Х
	File View	Comms 1	Fools Windo	w Help			
<	New.		Ctrl+N				
	Open	l	Ctrl+0	<b>/H</b>			
	Backi	up Project	Ctrl+B				
	Print	Setup			[ <] ▶ Nuser & Bit & TimeriCounter & Input/Output & Compare]	_	
	Recen	nt File					
	Sumr	mary Info					
	Exit						

FIGURA Nº. 20 Ventana de RSLogix Micro

Seleccionar la serie del PLC en este caso es el **MicroLogix 1100 serie B** y presionar OK.

Select Processor Type	×
Processor Name: UNTITLED	<u>0</u> K
Bul.1763 MicroLogix 1100 Series B Bul.1761 MicroLogix 1000 Analog Bul.1761 MicroLogix 1000 Analog Bul.1761 MicroLogix 1000 DH-485/HDSlave Bul.1761 MicroLogix 1000	<u>C</u> ancel <u>H</u> elp
Communication settings     Reply Timeout:       Driver     Processor Node:     Reply Timeout:       [unknown]     1     Octal (=1 Decimal)     10	

FIGURA Nº. 21 Ventana de Select Processor Type

Antes de realizar un programa en el PLC se debe configurar el channel 0 y 1 En el Channel 0 se configuran los siguientes parámetros:

**Driver >>** seleccionar **Modbus RTU Master**, esta es la comunicación que utilizará y presionar **Aceptar** 

] D 📽 🖬 🎒 🐰 🏚 🖻 🗠 🗠		Channel Configuration	×
OFFLINE  No Forces Forces Finabled	d →→ □ ∃E 3/E <>	General Channel 0 Channel 1 Driver DE1 Ed1 Dupler Source ID	
Driver: (unknown)       N         Image: Strategy of the st	ode: 1d	Driver DF1 Full Duplex  Source ID Baud DH485 Party DF1 Full Duplex Master DF1 Half Duplex Master DF1 Half Duplex Master ASCIT Shutdown Protocol Control Control Line No Handshaking  ACK Timeout (x20 ms) 50 Emor Detection CRC Embedded Responses Auto Detect F Duplicate Packet Detect NAK Retnes 3 ENQ Retries 3	
RCP Configuration Files		Aceptar Cancelar Aplicar Ayud	la

FIGURA Nº. 22 Channel Configuration

Seleccionar la opción Baud y cambiar el valor de 19200 a 9600 y pinchar en Aceptar

annel Cor	·····						
anner eer							
General C	hannel 0   Ch	nannel 1					
Driver	Modbus R1	FU Master	-				
Baud	19200	-					
Parity	38.4K						
Stop Pits	9600		>				
Data Bits	2400 1200 600 300						
- Protocol							
Control Li	Control ne No Han	dshaking		•	InterC	har.Timeout (	x1 ms)0
Control Li	Control ne No Han	dshaking		•	InterC Pre Tran	thar. Timeout ¢ nsmit Delay (x	x1 ms) 0
Control Li	Control	dshaking		T	InterC Pre Tran	'har.Timeout ¢ nsmit Delay (x	x1 ms) 0
Control Li	Control	dshaking		•	InterC Pre Trar	har.Timeout ( nsmit Delay (x	x1 ms) 1 ms)
Control Li	Control	dshaking		•	InterC Pre Trar	har.Timeout (	x1 ms)0
Control Li	Control —	dshaking		•	InterC Pre Trar	har.Timeout (	k1 ms)0
Control Li	Control	dshaking		•	InterC Pre Tran	har.Timeout ¢ nsmit Delay (x	k1 ms)0
Control Li	Control —	dshaking		•	InterC Pre Trar	har. Timeout (	x1 ms) 1 ms)
Control Li	Control	dshaking		×	InterC Pre Trar	har. Timeout (	k1 ms) 0 1 ms)  0

FIGURA Nº. 23 Ventana de Channel Configuration

Modificar la opción **Control Line** y se seleccionar **No Handshaking (485 Network)** y hacer click en aceptar.

JFFLINE 🛃 No Forces 🛃 🍊 🖬 🕢 ↔ 🞞 3 E 3/E 🚸 40> ABL ABS	
Vo Edits 🛃 Forces Enabled 🕘	
Driver: (unknown) Node : 1d User & Bit & Timer/Counter & Input/Output & Co	Channel Configuration X
Vo Edit       ▲       Forces Enabled       ▲       Node: 1d         Node: 1d       ■       Node: 1d       ■       ■         WUTTLED       ■       ■       ●	mma       Channel Configuration       ×         General       Channel 0       Channel 1         Driver       Modous RTU Master       >         Baud       9600       ×         Party       NONE       ×         Stop Bits       1       ×         Data Bits       8       ×         Protocol Control       InterChar Timeout (x1 ms)0         Control Line       No Handshaking       InterChar Timeout (x1 ms)0         No Handshaking       InterChar Timeout (x1 ms)0       No Handshaking         Fei Handshaking       No Handshaking       InterChar Timeout (x1 ms)0         Fei Handshaking       Pre Transmit Delay (x1 ms) 0       Pre Transmit Delay (x1 ms) 0
R6 - CONTROL     N7 - NTEGER     F8 - FLOAT	
Data Logging	
or Help, press F1	Aceotar Cancelar Adicar Avuda

FIGURA Nº. 24 Ventana Channel Configuration

Configurar el Channel 1, donde se ingresan los valores de IP anteriores **192.168.111.2 y la 255.255.255.0** 

File Edit View Search Comms Tools Window Help	Channel Configuration
□         □         □         □         ○         N7.7           OFFLINE         ▲         No Forces         ●	General   Channel 0 Channel 1   Driver Ethemet
Image: Second	Hardware Address:         00:00:00:00:00:00         Network:         Init:         0           In bardware:         192:         168:         111:         2         5         25:         26:
Configuration	Aceptar Cancelar Apicar Ayuda

FIGURA Nº. 25 Ventana Channel Configuration

# 2.4 La programación del PLC

Se realizó en el programa RSLogix Micro Starter, creando un programa de control en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (Ladder).

0000	PARO DE EMERGENCIA PARO_LOCAL 1:0 B11:0 B3:0 0 2 Bul.1763 CONTACTO 0:0 0:0 0:0 0:0 0:0 0:0 0:0 0:	DF DR
	En esta línea de programación tenemos el paro de emergencia en la entrada digital I:0/0, desactivara la salida O:0/0, con esta operación el variador de frecuencia y la bomba dejaran de operar.	

FIGURA Nº. 26 Programación del PLC



FIGURA Nº. 27 Programación del PLC



FIGURA Nº. 28 Programación del PLC



FIGURA Nº. 29 Programación del PLC



FIGURA Nº. 30 Programación del PLC



FIGURA Nº. 31 Programación del PLC



FIGURA Nº. 32 Programación del PLC



FIGURA Nº. 33 Programación del PLC



FIGURA Nº. 34 Programación del PLC



FIGURA Nº. 35 Programación del PLC

# 2.3 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC

### 2.3.1 ABRIR EL PROGRAMA OPC SERVER CONFIGURACIÓN

Para crear un OPC se hace click derecho en la pantalla y se selecciona new channel.

	v Tools Runtir	me Help	
🗋 💕 🗔 🖡	2   🐃 🛅 🖄	i 🚈 🚰 🗠 🐰	🖦 🛍 🗙   🔛
⊕ 🖙 Channel1		Cha	. A Driver Connec Sharing Virtual
i 👘 Channel2		S Ch	an Allen-Br Ethemet N/A N/A
🗄 🗳 OPC NIVE	L	S Ch	an Allen-Br Ethemet N/A N/A
		S OF	C Allen-Br Ethemet N/A N/A
	D New Channel		
	-p New Channel		
🖣 🥓 🖓 -			
Date 🗸	Time	Source	Event
Date ∇	Time 0:03:14	Source	Event Allen-Bradley Controll only Ethemet device driver loaded s
Date  01/01/2006 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16	NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded s Buntime service started
Date 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16	NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethernet device driver loaded s Runtime service started. Starting Allen-Bradley Controll onix Phemet device driver
Date 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16	Source NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded a Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11.2
Date 0 01/01/2006 0 01/01/2006 0 01/01/2006 0 01/01/2006 0 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16	Source NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers	Event Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded a Runtime service started. Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11.3 Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver
Date 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16	Source NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Runtime service started. Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device Driver V5.11. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver
Date 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16	Source NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded a Runtime service started. Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver. Alen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11.3 Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver
Date 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16	Source NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device Driver V5.11. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver
Date	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 1:18:45	Source NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing.
Date	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 1:18:45 0:01:48 0:01:48	Source NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device Driver V5.11. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013
Date 0 11/01/2006 0 11/01/2006	Time           0:03:14         0:03:16           0:03:16         0:03:16           0:03:16         0:03:16           0:03:16         0:03:16           0:03:16         0:03:16           0:03:16         0:03:16           0:01:148         0:01:54	Source NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Runtime service stated. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Starting Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Starting Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Starting Starting Starti
Date         C           ① 11/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006	Time           0:03:14           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:01:54           0:01:57	Source NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded to Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded in Runtime evice started.
Date 0 11/01/2006 0 11/01/2006	Time           0:03:14           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:01:16           0:01:57	Source NI OPC Servers NI OPC Servers Allen-Bradley Co NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded : Rurtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Rurtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded : Rurtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver device driver loaded : Rurtime service started.
Date         C           ① 11/01/2006         ① 11/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006           ① 01/01/2006         ① 01/01/2006	Time           0:03:14           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           1:18:45           0:01:54           0:01:57	Source NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded i Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Valen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device Driver V5.11 Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11
Date         C           0 11/01/2006         0 11/01/2006           0 11/01/2006         0 11/01/2006           0 10/01/2006         0 11/01/2006           0 11/01/2006         0 11/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006           0 10/01/2006         0 10/01/2006	Time           0:03:14           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:03:16           0:01:57           0:01:57           0:01:57           0:01:57           0:01:57	Source NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded : Rurtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Rurtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver
Date         C           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006           © 01/01/2006         © 01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:01:48 0:01:48 0:01:57 0:01:57 0:01:57 0:01:57	Source NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded i Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley Con
Date         C           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006           01/01/2006         01/01/2006	Time 0:03:14 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:03:16 0:01:48 0:01:57 0:01:57 0:01:57 0:01:57 0:01:57	Source NI OPC Servers NI OPC Servers	Event Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver loaded Runtime service started. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11. Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet devi

FIGURA Nº. 36 Creación de un New Channel
Designar un nombre al canal donde se guardaran todos los **Tags** que se creen para la comunicación entre el PLC y labVIEW.

🟉 NI OPC Servers - Ru	intime		
File Edit View To	ols Runtime Help		
ं 🗅 💕 🗟 🛃 🎙	🎙 🛅 🛱 🖄 🐨   🖻	) X & K X	I I I I I I I I I I I I I I I I I I I
🕀 🖳 Channel 1		Cha / Driver	Connec Sharing Vitual
🗄 🗳 Channel2		Chan Allen-Br	Ethemet N/A N/A
E P OPC NIVEL		Chan Allen-Br	Ethemet N/A N/A
		SOPC Allen-Br	Ethemet N/A N/A
			New Channel - Identification
			characters in length.
			Names can not contain penods, double quotations or start with an underscore
8.4 6			
1 <b>e</b> t <b>e</b> t (v)			Channel name:
Date 🗸 Time	e Source	Event	OPC OPC
01/01/2006 0:0:	3:14 NI OPC Sen	vers Allen-Bradley (	d Sill
01/01/2006 0:0:	3:16 NI OPC Sen	vers Runtime servic	ia
01/01/2006 0:0:	3:16 NI OPC Sen	vers Starting Allen-	-8
01/01/2006 0:0:	3:16 Allen-Bradley	y Co Allen-Bradley (	d
01/01/2006 0:0	3:16 NI OPC Sen	vers Starting Allen-	-6
01/01/2006 0:0:	3:16 NI OPC Sen	vers Starting Allen-	-8
01/01/2006 0:0	3:16 NI OPC Sen	vers Starting Allen-	······································
01/01/2006 1:1	8:45 NI OPC Sen	vers Huntime perfor	on  Atrás Siguiente > Cancelar Ayuda
01/01/2006 0:0	1:48 NLOPC Sen	vers NI OPC Server	
01/01/2006 0:0	1:54 NLOPC Sen	vers Allen-Bradley (	
01/01/2006 0.0	1.57 NI OFC 3en 1.57 NI OPC 3en	vers Hurturne servic	uce statteu. . Dendley Cantroll anix Phamet davian driver.
01/01/2006 0.0	1:57 Allen-Bradler	v Co Allen-Bradlev (	Controll only Ethemet Device Driver V5 11 26
01/01/2006 0:0	1:57 NI OPC Sen	vers Starting Allen-F	-Bradley Control Looix Ethemet device driver.
01/01/2006 0:0	1:57 NI OPC Sen	vers Starting Allen-	-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01/2006 0:0	1:57 NI OPC Sen	vers Starting Allen-	-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.
01/01/2006 0:0	9:06 NI OPC Sen	vers Configuration s	session started by TESIS as Default User (R/

FIGURA Nº. 37 Configuración de Channel name

Seleccionar el tipo de PLC y el tipo de comunicación con el que se va a trabajar (Allen Bradley MicroLogix 1100 Ethernet)

🕐 NI OPC Servers - Runtime				
File Edit View Tools Runtime Help				
🗋 🐸 🗃 🛃 🗳 🛅 🛍 🖉 🗍	9 X 6 6 X	0C		
⊕ 🗳 Channel1	Cha 🛆 Driver	Connec Sharing Virtual	1	
🗄 🖏 Channel2	Chan Allen-Br	Ethemet N/A N/A	1	
E OPC NIVEL	Chan Allen-Br	Ethemet N/A N/A		
	OPC Allen-Br	Ethemet N/A N/A		
	Í	New Channel - Device Driver		×
			Select the device driver you want to assign to the channel.	
			The drop-down list below contains the names of all the drivers that are installed on your system.	
		201		
🖣 🥓 👳			Device driver:	
Date V Time Source	Event		Advanced Simulator	1
01/01/2006 0:03:14 NLOPC Se	rvers Allen-Bradley C		Advanced Simulator	1
01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	rvers Runtime servic		Allen-Bradley Bulletin 1609	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Allen-E		Allen Bradley Controll only Ethemat	
01/01/2006 0:03:16 Allen-Brad	ey Co Allen-Bradley C		Allen-brauley of T	
01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Allen-E		Allen-Bradley DH+	
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Allen-E		Allen-Bradley Ethemet	
1 01/01/2006 0:03:16 NI OPC Se	ervers Starting Allen-E		Analog Devices	I
1:18:45 NI OPC Se	rvers Runtime perfor		Aromat Ethernet	1 Australia
1 01/01/2006 0:01:48 NI OPC Se	ervers NI OPC Server		Aromat Serial Automation Direct Direct Net	Ayuda
1 01/01/2006 0:01:54 NI OPC Se	ervers Allen-Bradley C		AutomationDirect EBC	
1 01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	ervers Runtime service	started.	AutomationDirect ECOM	
1 01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	rvers Starting Allen-B	radley ControlLogix Ethernet device of	AutomationDirect K Sequence	
1 01/01/2006 0:01:57 Allen-Brad	ey Co Allen-Bradley Co	ontrolLogix Ethernet Device Driver V	5. Beckhoff TwinCAT	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	rvers Starting Allen-B	radley ControlLogix Ethernet device of	ni Busware Ethernet	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	rvers Starting Allen-B	radley ControlLogix Ethernet device of	dri Contrex M-Series	
01/01/2006 0:01:57 NI OPC Se	rvers Starting Allen-Bi	radley Control Logix Ethernet device of	n Contrex Senal	
01/01/2006 0:09:06 NI OPC Se	rvers Configuration se	ession started by TESIS as Default U	se Cutler-Hammer D50/300	
Ready	-		Cutler-Hammer ELC Ethemet	
		au 1	Detected Inclusion	

FIGURA Nº. 38 Selección del PLC y comunicación

En esta ventana dejar los parámetros por defecto y seleccionar la opción siguiente

🍘 NI OPC Servers - Runtime						
File Edit View Tools Runtin	ne Help					
ं 🗋 💕 🗃 🛃 🗳 🛅 🖄	2 2 9 %	њ в X	QC.			
⊕ 🖙 Channel1	Cha	∠ Driver	Connec	Sharing	Virtual	
庄 🗳 Channel2	Ch 🔍 Ch	an Allen-Br	Ethemet	N/A	N/A	
E P OPC NIVEL	🔍 Ch	an Allen-Br	Ethernet	N/A	N/A	
	SOF €	C Allen-Br	Ethemet	N/A	N/A	
			New Chan	nel - Netw	ork Interfa	ce 💌
						This channel is configured to communicate over a network. You can select the network adapter that the driver should use from the lat below. Select 'Default' if you want the operating system to choose the network adapter for you.
📭 🥔 👳						Network Adapter:
Date 7 Time	Source	Event				IDefault
01/01/2006 0:03:14	NLOPC Servers	Allen-Bradley C				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Runtime servic				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-B				
01/01/2006 0:03:16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley C				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-E				
1 01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-E				
01/01/2006 0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-E				
1:18:45	NI OPC Servers	Runtime perfor				(Alufa Candanta) Canadan   Anuda
1 01/01/2006 0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Server				Cariceiar Ayuda
1 01/01/2006 0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley C		_	_	
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service	e started.	_	_	
① 01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ethen	net device	driver.
01/01/2006 0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley C	ontrolLogix E	themet Devi	ce Driver V	5.11.26
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ethen	net device	driver.
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ether	net device	driver.
01/01/2006 0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-B	radley Contro	Logix Ethen	net device	driver.
1 01/01/2006 0:09:06	NI OPC Servers	Configuration s	ession started	by TESIS a	s Default L	lser (R/



Seleccionar la opción siguiente para continuar.



FIGURA Nº. 40 Ventana New Channel - Write Optimization

Desplegar el mouse hacia la derecha y hacer click derecho en **New Device.** 

Channel1			
🗄 🖏 Data Type		Devi	ce 🛆 Model ID Description
· 아이드 이미드 이미드 이미드 이미드 이미드 이미드 이미드 이미드 이미드 이	add a device. EL add a device. Examples	<u> </u>	Cok to add a device.
🔄 🥓 🦁 Date 🗸	Time	Source	Event .
19/06/2016	13:49:26	NI OPC Servers	Runtime service started.
19/06/2016 19/06/2016	13:49:26 13:49:26	NI OPC Servers NI OPC Servers	Runtime service started. Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator	Runtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers	Runtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver.
19/06/2016 19/06/2016 19/06/2016 19/06/2016 19/06/2016	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers	Purtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service started. Starting Simuliator device driver. Simuliator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simuliator device driver. Starting Simuliator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 12:59:39	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Runtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Oriver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Runtime performing exit processing.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 12:59:39 13:01:35	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service stated. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Runtime performing ext processing. NI OPC Servers 2013
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:59:39 13:01:35 13:02:15	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service started. Starting Simuliator device driver. Simuliator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simuliator device driver. Starting Simuliator device driver. Puntime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Simuliator device driver loaded successfully.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:59:39 13:01:35 13:02:15 13:02:58	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Purtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Purtime performing ext processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver loaded successfully. Purtime service started.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:49:26 13:02:5 13:02:58 13:02:58 13:02:58	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service stated. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Puntime performing ext processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver loaded successfully. Furtime service stated. Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 12.59:39 13.01:35 13.02:15 13.02:58 13.02:58	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator	Puntime service started. Starting Simuliator device driver. Simuliator Device Driver V5.11.282.0 Starting Simuliator device driver. Starting Simuliator device driver. Puntime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Simuliator device driver loaded successfully. Puntime service started. Starting Simuliator device driver. Starting Simuliator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.02:59 13.02:58 13.02:58	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers	Purtime service stated. Stating Simulator device driver, Simulator Device Driver V5.11.262.0 Stating Simulator device driver. Stating Simulator device driver. Stating Simulator device driver. Runtime performing ext processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver loaded successfully. Purtime service stated. Stating Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Stating Simulator device.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.02:53 13.02:58 13.02:58 13.02:58	NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers Simulator NI OPC Servers NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service stated. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Puntime performing ext processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver. Simulator device driver. Simulator Device Stated. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.02.59 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58	NI OPC Servers NI OPC Servers	Purtime service started. Starting Simulator device driver, Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Runtime performing exit processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver loaded successfully. Purtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device driver. Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.49:26 13.02:51 13.02:58 13.02:58 13.02:58 13.02:58 13.02:58 13.02:58 13.02:58 22:59:28	NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service stated. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Runtime performing ext processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver loaded successfully. Runtime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.02.59 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 22.59.28 22.59.28 23.05.54	NI OPC Servers NI OPC Servers	Puntime service started. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Puntime performing ext processing. NI OPC Servers 2013 Simulator device driver. Starting Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Starting Simulator device driver. Starting Simulator device driver.
<ul> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>19/06/2016</li> <li>20/06/2016</li> </ul>	13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.49.26 13.02.53 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 13.02.58 22.59.28 22.59.28 23.05.54 0.42.06	NI OPC Servers NI OPC Servers	Purtime service stated. Stating Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Stating Simulator device driver. Stating Simulator device driver. Stating Simulator device driver. Ni DPC Servers 2013 Simulator device driver loaded successfully. Purtime service stated. Stating Simulator device driver. Simulator Device Driver V5.11.262.0 Stating Simulator device driver. Stating Simulator Simulator Simulator device driver. Stating Simulator Simulator devic

FIGURA Nº. 41 Ventana creación New Device

Seleccionar el tipo de PLC que se está utilizando en el sistema (Allen Bradley – MicroLogix 1100) y hacer click en siguiente.

🍘 NI OPC Servers	- Runtime					
File Edit View	Tools Runtime	Help				
່ 🗋 💕 🗟 🛃	🛛 🕾 🚰 🖗	🖉 🖻 🕺	🗈 🛍 🗙 🛛 🕮			
Channel1 Channel2 Channel2 Channel2 Click to a Click to a OPC OPC NIVEL	idd a device.	Devic	e / Model k to add a device.		Description	
				New Device - Mo	del	
						The device you are defining uses a device driver that supports more than one model. The lat below shows all supported models. Select a model that best describes the device you are defining.
P * *						Device model:
Date  ∇ 01/01/2006	Time 0:03:14	Source NI OPC Servers	Event Allen-Bradley Control			ControlLogix 5500
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Runtime service star			ENI: FlexLogix 5400
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			ENI: MicroLogix
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley Co	Alien-Bradley Control	,		ENI: SLC 500 Pixed I/O ENI: SLC 500 Modular I/O
01/01/2006	0.03.16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			ENILPLOS
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	·•		MicroLogix 1100
01/01/2006	1:18:45	NI OPC Servers	Runtime performing		< Atr	ás Siguiente > Cancelar Ayuda
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 201			
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Control	ogix Ethernet device	e driver loaded s	U
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service start	ed.		
1/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Etheme	et device driver.	
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet Devic	e Driver V5.11.2	6
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Etheme	et device driver.	
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Etheme	et device driver.	
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradley	ControlLogix Etheme	et device driver.	
01/01/2006	0:09:06	NI OPC Servers	Configuration session	started by TESIS as	Default User (F	V

FIGURA Nº. 42 Ventana Device model

Ingresar la dirección lp del PLC para la comunicación con el OPC de labVIEW.

🝘 NI OPC Servers	- Runtime					
File Edit View	Tools Runtime	Help				
ົ 🗋 🐸 🖬 🛃	🛉 😭 🛅 🖗	🎽 😁 🔏	🖦 🙈 🗙 🛛 🔛			
Channel1     Grannel2     OPC     Cick to a     OPC NIVEL	add a device.		e / Model k to add a device.	ID	Description	
<b>6</b>				New Device - ID		The device you are defining may be multidropped as part of a network of devices. In order to communicate with the device, it must be assigned a unique ID. Your documentation for the device may refer to this as a "Network ID" or "Network Address."
Date T	Time	Source	Event			Device ID:
01/01/2006	0:03:14	NLOPC Servers	Allen-Bradley Control		Sin 📢	<192.168.111.2>
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Runtime service star			
01/01/2006	0.03.16	NLOPC Servers	Starting Allen-Bradler			
01/01/2006	0.03.16	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Contro			
01/01/2006	0.03.16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle			
01/01/2006	1:18:45	NI OPC Servers	Runtime performing		<	Atrás Siguiente > Cancelar Avuda
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 201			
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Allen-Bradley Contro	Logix Ethernet device	e driver loade	ed su
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Runtime service star	ted.		
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradler	v ControlLogix Ether	net device driv	/er.
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley Co	Allen-Bradley Control	Logix Ethernet Devid	ce Driver V5.	11.26
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle	v ControlLogix Etherr	net device driv	ver.
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle	v ControlLogix Etherr	net device dri	ver.
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Servers	Starting Allen-Bradle	y ControlLogix Ether	net device dri	ver.

FIGURA Nº. 43 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC

Dejar por defecto todos los valores del programa

File Edit View Tools Runtime Help         Image: Stand St	🝘 NI OPC Servers	- Runtime				
Date       Time       Source       Event         Other 102       Open of the same rate by choosing the same rate by choosing the sacen rate requested rate requested rate by choosing the sacen rate requested rate by choosing the sacen rate requested	File Edit View	Tools Runtime	Help			
B       Channel1         Channel2       OPC         OPC       OPC         OPC       Chick to add a device.         Image: Channel2       Image: Channel2         Image: Channel2       Image: Channel2 </th <th>ົ 🗋 💕 🗟 🛃</th> <th>i 🗠 🛅 🖗</th> <th>🄄 🚰 🕒 🌡</th> <th>i 🗈 🛍 🗙 🛄</th> <th></th> <th></th>	ົ 🗋 💕 🗟 🛃	i 🗠 🛅 🖗	🄄 🚰 🕒 🌡	i 🗈 🛍 🗙 🛄		
Date       Time       Source       Event         01/01/2006       0/03:16       NI OPC Servers       Alen-Bradley Control         01/01/2006       0/03:16       NI OPC Servers       Sating Alen-Bradley         01/01/2006       0/03:16       NI OPC Servers       Sating Alen-Bradley         01/01/2006       0/03:16       NI OPC Servers	Channel1  Channel2  Channel2  Channel2  Cick to a  OPC  OPC NIVEL	add a device.	Dev	ice / Model Dick to add a device.	ID   Descriptio	n
Date       Time       Source       Event         © 11/01/2006       0/03.14       NI OPC Servers       Alen-Bradley Control         © 11/01/2006       0/03.14       NI OPC Servers       Alen-Bradley Control         © 11/01/2006       0/03.14       NI OPC Servers       Alen-Bradley Control         © 11/01/2006       0/03.16       NI OPC Servers       Alen-Bradley Control         © 11/01/2006       0/03.16       NI OPC Servers       Stating Alen-Bradley Control         © 11/01/2006       0/03.16       NI OPC Servers					New Device - Scan Mode	×
Date         Time         Source         Event           © 11/01/2005         0:03:14         NI OPC Servers         Allen-Bradley Control           © 11/01/2005         0:03:16         NI OPC Servers         Runtime service start           © 11/01/2005         0:03:16         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley           © 11/01/2005         0:03:16         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley           © 11/01/2005         0:03:16         NI OPC Servers						Choose the first (default) option to use the scan rate requested by the clert. Set a lower limit on the requested rate by choosing the second option. Force all tags to scan at the same rate by choosing the last option.
Date         Time         Source         Event           01/01/2006         00314         NI OPC Servers         Allen-Bradley Control           01/01/2006         00314         NI OPC Servers         Allen-Bradley Control           01/01/2006         00316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley Control           01/01/2006         00316         NI OPC Servers						Scan Mode:
01/01/2006         0/03:14         NI OPC Servers         Alen-Bradley Control           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers         Runtime service starting Alen-Bradley Control           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers         Starting Alen-Bradley Control           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers         Starting Alen-Bradley Control           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers         Starting Alen-Bradley           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers         Starting Alen-Bradley           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers         Starting Alen-Bradley           01/01/2006         0/03:16         NI OPC Servers	Date $ abla$	Time	Source	Event		Respect client specified scan rate
01/01/2006       00/316       NI OPC Servers       Runtime service start         01/01/2006       00/316       NI OPC Servers       Starting Allen-Bradley Control         01/01/2006       0/316       Allen-Bradley Control       Allen-Bradley Control         01/01/2006       0/3316       NI OPC Servers	01/01/2006	0:03:14	NI OPC Servers	. Allen-Bradley Control		
01/01/2006         00/316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0/0316         Allen-Bradley Co         Allen-Bradley           01/01/2006         0/0316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0/0148         NI OPC Servers         Ni OPC Servers           01/01/2006         0/0157         NI OPC Servers         Ni OPC Servers           01/01/2006         0/01:57         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley ControlLogix Ethernet device driver.           01/01/2006         0/01:57         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley ControlLogix Ethernet device driver.           01/01/2006         0/01:57         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley ControlLogix Ethernet device driver.           01/01/2006	01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	. Runtime service star		
01/01/2006         0.01315         Allen-Bradley Control           01/01/2006         0.01316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0.0316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0.0316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0.0316         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0.1318         NI OPC Servers         Stating Allen-Bradley           01/01/2006         0.148         NI OPC Servers	01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	. Starting Allen-Bradle		
01/01/2005       00315       NI OPC Serves	01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley Co.	Allen-Bradley Control		
01/01/2006       003115       NI OPC Servers	01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	. Starting Allen-Bradle		
01/01/2006         01/01/2006         01/01/2006         01/01/2006         01/01/2006         NI OPC Serves         Statting Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver loaded su         Aural           01/01/2006         0:01:54         NI OPC Serves         NI OPC Serves         NI OPC Serves         Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver loaded su         Aural           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Serves         Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver.         Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver.           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Serves         Statting Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver.         Other the serve statted.           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Serves         Statting Allen-Bradley Control Logix Ethemet device driver.         Other the serve statted.           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Serves	01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	. Starting Allen-Bradle		
Old/01/2006         Ditor:         Servers         Nutritine performing         Arusis         Sigurities         Calceler         Avoid           01/01/2006         001154         NI OPC Servers         NI OPC Servers <td< th=""><th>01/01/2006</th><th>0:03:16</th><th>NI OPC Servers</th><th>. Starting Allen-Bradle</th><th></th><th>(Aufe Circiantes) Carden   Acade</th></td<>	01/01/2006	0:03:16	NI OPC Servers	. Starting Allen-Bradle		(Aufe Circiantes) Carden   Acade
01/01/2005         001/43         NIOPC Servers         NIOPC Servers           01/01/2005         001/43         NIOPC Servers         NIOPC Servers           01/01/2005         001/57         NIOPC Servers         Runtime service stated.           01/01/2005         001/57         NIOPC Servers         Runtime service stated.           01/01/2005         001/57         NIOPC Servers         Stating Alen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.           01/01/2005         001/57         NIOPC Servers	01/01/2006	1:18:45	NI OPC Servers	. Huntime performing (		< Atras Siguiente > Calcelar Ayuda
01/01/2005         001/34         NI OPC Serves	01/01/2006	0:01:48	NI OPC Servers	NI OPC Servers 201	Contraction of the second seco	
01/01/2006         0:01:57         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.           01/01/2006         0:01:57         Allen-Bradley ControlLogix Ethemet Device Driver V5.11.26           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.           01/01/2006         0:01:57         NI OPC Servers         Starting Allen-Bradley ControlLogix Ethemet device driver.	01/01/2006	0:01:54	NI OPC Servers	Alien-Bradley Control	Logix Ethemet device driver load	ied su
01/01/2005         0:01:57         NI OPC Servers	01/01/2006	0.01.57	NI OPC Servers	. Runtime service star	tea. • Controll a sin Dibarrat davian d	
Other National Control Contrective Control Contrective Control Control Control	01/01/2006	0.01:57	Allon Prodex C-	Allon Prodley Crater	ControlLogix Ethemet device d	11 2C
O 11/01/2006         0:01:57         NI OPC Servers         Starting Aner-balance ControlLogix Ethernet device driver.	01/01/2006	0.01:57	NICPC Server	Alen-bradley Control Starting Allog Pendley	Controll agiv Ethomat daviag d	. 11.20
W of C Servers Statung Aller Parauley Control LDgbt Ethernet device driver.	01/01/2006	0.01.07	NI OFC Servers.	<ul> <li>Starting Allen-Bradley</li> </ul>	ControlLogix Ethemet device d	iver
101/01/2006 0:01:57 NLOPC Servers Starting Allen-Bradley Controll only Ethemet device driver	01/01/2006	0.01.57	NI OPC Servers	Starting Allen-Pradle	ControlLogix Ethemet device d	iver
0 11/01/2006 0.09.06 NI OPC Servers. Configuration session stated by TESIS as Default User (K/	01/01/2006	0:09:06	NI OPC Servers	. Configuration session	started by TESIS as Default Us	er (R/

FIGURA Nº. 44 Ventana New Device – Scan Mode

Hacer click derecho y seleccionar **New** para crear los tags de las variables a utilizarse en la comunicación.

Seleccionar el tipo de acceso que va a utilizar (lectura solamente o lectura/escritura)

📁 NI OPC Servers	- Runtime											
File Edit View	Tools Runtime	Help										
່ 🗋 💕 🗔 🛃	🐃 🛅 🖄 🤅	- 🕾 🗠	<b>X</b> (	a 🗈 🗙	RC							
		2	Tag Na Click	me to add a static ta	<u>х</u>	Address Tags are not requ	Data Type ired, but are i	Scan Rate	Scaling clients.	Description		
⊡ TESIS 	NVEL				Tag	g Properties General Scaling Identification Name Address						errar
<b>\$</b>						Description					× •	
Date 7	Time	Source	1	Event		- Data properties		-				
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Buntime service			Data type:	Default	-			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B		Clie	n access:	Read/Write				
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley (	Co	Allen-Bradley Co								
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B			Scan rate:	100 🛨 mi	liseconds			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B		Note: The sca	n rate is only	used for client ap	plications that do r	oot		
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B		specify a rate	when referen	cing this tag (e.g.,	non-OPC clients)			
01/01/2006	1:18:45	NI OPC Serve	ers	Runtime perform								
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Serve	ers	NI OPC Servers	-				1		1	
01/01/2006	0:01:54	NI OPC Serve	ers	Allen-Bradley Co				Aceptar	Cancelar	Aplicar	Ayuda	
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Serve	ers	Runtime service								
01/01/2006	0:01:57	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-Bra	dley	ControlLogix Eth	emet device	driver.		_		
01/01/2006	0:01:57	Allen-Bradley	Co	Allen-Bradley Co	ntrol	Logix Ethemet De	vice Driver \	/5.11.26				
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-Bra	adiey	ControlLogix Eth	emet device	anver.				
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Serve	515	Starting Allen-Bra	sule)	y ControlLogix Eth	erriet device	driver.				
01/01/2006	0.01.07	NI OPC Serve	515	Configuration and	sule)	a started by TESIS	erriet device	laor /P /				
01/01/2006	0.03.00	NI OPC Serve		Starting Allen Pre	ollor	Controll only TESIS	as Derault (	driver				
01/01/2006	0.21.30	NI OFC Serve	ais	Statung Allen-Bra	actie)	y ControlLogix Eth	emer device	unver.				

FIGURA Nº. 45 Ventana Tag Properties

En la ventana de **Tag Properties** se ingresan los datos correspondientes al nombre, zona de memoria del PLC, una pequeña descripción del tipo de dato que se requiera (word, bool, byte entre otros).

File Edit View	Tools Runtime	e Help									
D 📂 🗃 🖡	al 🐃 🖬 📬 i	2 🕾 🔊	*	b 🗈 🗙 🗌	QC.						
H Channel1			Tag Na	me	7.1	Address	Data Type	Scan Bate	Scaling	Descriptio	n
Channel2		é		to add a static ta	ag. 1	Fags are not requ	ired, but are b	owsable by OPC	clients.	Description	<i><i><sup>1</sup></i></i>
OPC											
I ESIS	NIVEL			(	_						Y
					lag	Properties					
					G	eneral Scaling	a l				
											1
						- Identification -				_	
						Name	ELECTRO	ALVULA	4	3	
						Address	B3:0/7				2
						Address	E   B3.0/ /		<u>I</u>	<b>Ø</b>	
						Description					
											<b>E</b>
9 🐖 Ϋ						- Data propertie	s				
Date 🗸	Time	Source		Event			Data tuno:	Defe à			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Runtime service			Data type.	Default			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B		Clie	ent access:	Real-			
01/01/2006	0:03:16	Allen-Bradley	Co	Allen-Bradley Co			S	Char			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B			Scall late.	Short			
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B		Note: The sca	an rate is only	Word	hs that do	not	
01/01/2006	0:03:16	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-B		specify a rate	when referen	Long	PC clients	s)	
01/01/2006	1:18:45	NI OPC Serve	ers	Huntime perform				Float	-		
01/01/2006	0:01:48	NI OPC Serve	ers	NI OPC Servers	-					1	1
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Serve	ers	Alien-bradley Co				Aceptar	Cancelar	Aplic	ar Ayuda
01/01/2006	0.01.57	NI OPC Serve	ers	Stadios Alles De		Cantral a six Dh	amet davias a				
01/01/2006	0.01.57	Allen Prodley	Co.	Allen Prodley Con	otroll	control ogix Eth	ernet device d	11.26			
mm 1/1/1/1/210/0	0.01.57	NLOPC Son/	 are	Starting Allen Pro	adler	Controll only Ph	emet device d				
01/01/2009		THE OT CLUEIVE	uia	Julie Indiana	adley	ControlLogic El	emet device d	nver.			
01/01/2006	0:01:57	NLOPC Serve	ere	Starting Allen-Bra				III W MAR -			
01/01/2006 01/01/2006 01/01/2006	0:01:57	NI OPC Serve	ers	Starting Allen-Bra Starting Allen-Bra	adlev	ControlLogix Eth	emet device d	river			
<ul> <li>01/01/2006</li> <li>01/01/2006</li> <li>01/01/2006</li> <li>01/01/2006</li> <li>01/01/2006</li> </ul>	0:01:57 0:01:57 0:09:06	NI OPC Serve NI OPC Serve	ers ers	Starting Allen-Bra Starting Allen-Bra Configuration see	adley	ControlLogix Eth	emet device d	lriver. ser (R/			

FIGURA Nº 46 Tag Properties – Bolean

Así crear todas las variables necesarias para la comunicación entre la interfaz gráfica en Lavbiew y el PLC

# 2.4 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LA VENTANA DE INICIO DE LABVIEW

LabVIEW 2014	Search
	Open Existing
	All Recent Files
	TESIS NIVELJvproj
Create Project	Control 1.ctl
	Control 5.ctl
	Control 6.ctl
	Untitled 3.vi
	TESIS NIVEL.vi
Find Drivers and Add-ons Connect to devices and expand the functionality of Lab VIEW.	ity and Support the discussion forums or nical support. Welcome to LabVIEW Learn to use LabVIEW and upgrad from previous versions.

FIGURA Nº. 46 Ventana Create Project.

En la ventana principal del nuevo proyecto hacer un click derecho en My Computer, seleccionamos **New** seguidamente nuevo **Library** y se creara un nuevo proyecto completo.



FIGURA Nº. 47 Ventana New Library

Creada la **New Library** hacer click derecho en la nueva librería que se acabó de crear y seguidamente en **New I/O Server.** 

ile Edit View Proiec	t Operate Tools Window	Help
tems Files	<mark>î X</mark>   ] <b>i i i i i i i i i i</b>	▲    ♣ ቈ    않 @ ピ    ∿ 🧐
<ul> <li>B Project: Untitled I</li> <li>B Wy Computer</li> </ul>	Project 1	
🔁 Untitled 😴 Depender 🔁 Build Spe	New  Open	VI Simulation Subsystem Virtual Folder
-	Add Find	Control Library Variable
-	Show Error Window	I/O Server
-	Unit Tests	XControl Statechart
	Multiple Variable Editor Create Variables Create Bound Variables Export Variables Import Variables	SoftMotion Axis SoftMotion Coordinate Space SoftMotion Table SolidWorks Assembly
-	Arrange By	Test Vectors
-	Remove from Project	
-	Properties	

FIGURA Nº. 48 Ventana New I/O Server

Elegir la opción OPC CLIENT y seleccionar continue



FIGURA Nº. 49 Ventana Create I/O Server

Elegir National Instruments NIOPC SRVERS VS. Se puede reducir el tiempo el tiempo de Update rate para mejorar el tiempo de comunicación entre la interfaz y el PLC



FIGURA Nº. 50 Ventana Configure OPC Cliente I/O Server

Click en la librería creada y seleccionar un nuevo VI donde se desplegaran las ventanas del panel frontal y el diagrama de bloques.



FIGURA Nº. 51 Ventana creación New VI

A continuación se puede realizar la programación en la plataforma grafica

Untitled Project 1 * - Project Explorer		
File Edit View Project Operate Tools Windo		
🍋 😂 🕼    X 🗈 🗈 🗙    🕵 🝕   🖽 🕶	E Untitled Library 1:Untitled 1 Front Panel on Untitled Project 1/My Computer *	
Items Files	File Edit View Project Operate Tools Window Help	
	→ ② ④ III 15pt Application Font × 🐨 🐵 🖤 🔹 Search	
My Computer		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
🖶 🔂 Untitled Library 1		
- 🚅 OPC1		
Contitled 1		
Build Specifications	Initial Library 1 Initial 1 Block Diagram on Untitled Project 1/My Computer *	
	File Ide View Desited Operational Worker Made	
	Pile Edit View Project Operate Tools Window Pierp	
	Search (\$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$ \$\$	
		^
		-
	Untitled Project 1/My Computer	•

FIGURA Nº. 52 Ventana New VI

## 2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW

En el diseño del HMI (Human Machine Interfaz) se utilizó la plataforma grafica del labVIEW. La adquisición de datos se obtuvo mediante la comunicación NI OPC Servers para pruebas de control mediante una programación G (Grafica).

## 2.5.1 LECTURAS, VISUALIZACIÓN DE DATOS

Las variables nivel, frecuencia de operación de la bomba y setpoint, se utilizó indicadores numéricos enlazados a su correspondiente dirección o etiqueta.



FIGURA Nº. 53 Ventana de lectura de datos

### 2.5.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS

La generación de reporte de datos se lo realiza mediante una paleta de funciones delo diagrama de bloques >> **Report Generation >> Excel Specific,** donde se creó una hoja de datos en Excel para generar una exportación al presionar un controlador de tipo booleano.



FIGURA Nº. 54 Ventana de generación de reportes

#### 2.5.3 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL

Se muestran los indicadores gráficos de: nivel alto, bajo encendido de la electroválvula, marcha modo remoto, paro de emergencia y un indicador de nivel. Cada uno de esta enlazado con sus respectivas etiquetas de programación.



FIGURA Nº. 55 Ventana de indicadores gráficos

### 2.5.4 CONTROL PID

En el control de PID en modo remoto se requiere una estructura de acaso (verdadero), esto se consigue mediante un indicador de tipo booleano enlazado con la etiqueta de modo remoto en la programación.



FIGURA Nº. 56 Ventana bloque de PID

### 2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE NIVEL



FIGURA Nº. 57 Diagrama de bloques de control de Nivel

#### 2.7 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL

La señal del setpoint es proporcionada por el potenciómetro que se encuentra ubicado en la parte inferior derecha del tablero de control, esta alimentado con una señal de salida de 10[V] a la entrada analógica del PLC.

A continuación se detalla los datos tomados de forma experimental de la señal del sensor de tipo flotante y del nivel del líquido en centímetros.

Nivel en cm	Datos del Sensor
0	37
0.5	72
1	120
1.5	157
2	232
2.5	266
3	324
3.5	375
4	417
4.4	465
5	496
5.5	528
6	558
6.6	592
7	622
7.5	645
8	680
8.5	702
9	722
9.5	747
10	765
10.5	792
11	810
11.5	825

TABLA Nº. 11 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel

12	857
12.5	872
13	890
13.5	916
14	930
14.5	952
15	969
15.5	980
16	1013

Con los datos obtenidos crear dos variables, una de nivel y otra de datos del sensor.

📣 MATLAB R2015a					
HOME PLOTS	APPS				
New New Open Comp Script - FILE	Files Import S Data Work	ave kspace VAR	New Variable Open Variable - Clear Workspace - IABLE MATLAB Production	Analyze Code	Simulini Library
Current Folder		Comma	nd Window		
Name ▲         m3iregistry         registry         uil         win64         lcdata.xml         Icdata.xsd         lcdata.xsd         lcdata.xsd         matlab.exe         mbuild.bat         mc.bat         MemShieldStarter.bat         Details	▲	New to	MATLAB? See resource	es for <u>Getting Started</u> .	
Name A V	New Save Clear Workspace Refresh Choose Columns Sort By Paste	CtrI+S F5 > Ctrl+V			
1 PALABRAS D∑ ESPAÑ	Select All	Ctrl+A			

FIGURA Nº. 58 Ventana creación New workspace

Crear variables de nivel y datos



FIGURA Nº. 59 Ventana de variables New workspace

Seleccionar la variable e ingresar los datos de Nivel y seguidamente los datos del sensor

📣 MATLAB R2015a									-		×
HOME PLOTS	APPS	VARIABLE	VIEW			- 6 -	1900	🤉 🕐 Sear	ch Documentation	1	⊾ ۹
Rows New from ⊖ Print ▼ 1:16	Columns	Insert Delete a	⊽Transpose JSort ▼								
VARIABLE	SELECTION	EDIT									
	gram Files 🕨 MA	TLAB > MATLAB Pro	duction Server 🕨	R2015a 🕨 bin 🕨							- P
Current Folder	•	Variables - nivel									⊙ ×
Name ▲											
registrony     registrony     util     viria     deploytool.bat     deploytool.bat     icdata.xxnl     icdata.xxnl     icdata.xxnl     matba.bc.e     motulid.bat     mrc.bat     MemShieldStarter.bat      Details      Workspace	× 	1 1 0 2 0.5000 3 1 4 1.5000 5 2 6 2.5000 6 2.5000 7 3 8 3.5000 4 4 1.5000 5 2 6 2.000 1 4 1.5000 5 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 3	4	5	6	7	8	9	10	×
Name 🔺 Value		Command window									۲
datos 0 nivel 33x1 doub	ile j	New to MATLAB? See	resources for <u>Ge</u>	ting Started.							×

FIGURA Nº. 60 Ventana inserción datos de las variables creadas

Para el cálculo de la linealidad del sensor escribir **plot (datos,nivel)** y automáticamente aparcera la gráfica de linealidad

📣 MATLAB R2015a									-		Х
HOME PLC	OTS APPS	VARIABLE	VEW			846	1901		1 Documentati	on	⊾ ۹
● Open ● New from ● Print ● Selection ● VARIABLE	Rows Column 1:16 1 SELECTION	s Insert Delete	Transpose Sort ▼								
🔶 🔿 🖸 🔁 📙 🕨 🕻	🗧 🕨 Program Files 🔸	MATLAB 🕨 MATLAB Pr	roduction Server 🕨	R2015a 🕨 bin 🕨							- P
Current Folder Name	•	Variables - datos	rel X								♥ X
märegetty     vegetty     vegetty	bat v	33x1 double           1         37           2         72           3         120           4         157           5         232           6         266           7         324           8         375           9         417           10         465	2 3	4	5	6	7	8	9	10	^ ^
Name A V	Value 13x1 double	Command Window	( . C.III	- Photo I							> •
nivel 3	33x1 double	>> plot (nive Warning: MA. OpenGL. For fx >> plot (date	eresources for <u>Getti</u> el, datos) ILAS nas disañ more informat os, nivel)	led some adv	vanced gra <u>here</u> .	phics ren	dering fea	tures by :	switching	to soft	ware

FIGURA Nº. 61 Inserción de datos

### Curva de linealidad del sensor



FIGURA Nº. 62 Ventana de linealidad del sensor

	LUG ZOAR GARLOU OTTIL 10	TTUIN
承 Figure 1		– 🗆 X
File Edit View Insert	Tools Desktop Window Hel	ρ 🛚
🖺 🗃 🛃 🍓   🗞   🔍	Edit Plot	
	Zoom In	
16	Zoom Out	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	Pan	data1
14 -	Rotate 3D	/
	Data Cursor	
12	Brush	
	Link	
10 -	Reset View	
	Options >	
8 -	Pin to Axes	-
	Snap To Layout Grid	
6 -	View Layout Grid	-
	Smart Align and Distribute	
4 -	Align Distribute Tool	
2	Align >	
2	Distribute >	
	Brushing >	
0 200	Basic Fitting	800 1000 1200
	Data Statistics	

Seleccionar la opción Tools y seguidamente Basic Fitting

FIGURA Nº. 63 Ventana selección de Basic Fitting

Seleccionar el tipo de ecuación, en este caso se optó por una ecuación **7th degree polynomial** y **Significant digits** se modificó a 5 términos.



FIGURA Nº. 64 Ventana selección de Basic Fitting

En esta ventana muestra la ecuación de linealidad del sensor, y será ingresada en la programación del PLC



FIGURA Nº. 65 Curva de linealidad del sensor vs setpoint

# 2.8 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID

Para la identificación del sistema se utilizó las herramientas de MATLAB, la cual permite encontrar la función de transferencia mediante los datos obtenidos mediante pruebas experimentales desde la interfaz. Creando variables de entrada y de salida del sistema de este caso de setpoint y nivel.

1	# DATO	SETPOINT	NIVEL
2	0,00	0,00	-0,01
3	1,00	0,02	-0,01
4	2,00	0,02	-0,01
5	3,00	0,00	-0,01
6	4,00	0,00	-0,01
7	5,00	0,35	-0,01
8	6,00	10,48	-0,01
9	7,00	16,00	-0,01
10	8,00	16,00	-0,01
11	9,00	16,00	-0,01
12	10,00	16,00	-0,01
13	11,00	16,00	-0,01
14	12,00	16,00	-0,01
15	13,00	16,00	-0,01
16	14,00	16,00	-0,01
17	15,00	16,00	-0,01
18	16,00	16,00	-0,01
19	17,00	16,00	-0,01
20	18,00	16,00	-0,01
21	19,00	16,00	-0,01

FIGURA Nº. 66 Datos de setpoint y nivel

Se ingresan los datos obtenidos experimentalmente de setpoint vs nivel

Get More Apps FILE	Curve Fitting Optimization	MPAD Notebook	System Identification	Sign I Analysis	Image Acquisition	Instrument Control	SimBiology	MATLAB Coder	Application Compiler	Classification Learner	, •		
💠 🔶 🛅 🔀 🕌 🕨 Ci 🕨	Program Files  MATLAB	System Identification Identify models of dynamic sys	tems from measur	ed data (syster	nIdentification)							<b>-</b> .	2
Current Folder 💿	Command Window	System Identification Toolbox	9.2	.,	,							$\odot$	×
🗋 Name 🔺	New to MATLAB? See resou	rces for <u>Getting Started</u> .		×	nivel 🗶 s	etpoint ×							
🗉 퉬 m3iregistry 🔺	Warning: MATLAB	Toolbox Path Cache is	out of date	and is	1682x1 double								
registry	Type 'help toolb	ox_path_cache' for mor	e info		1	2	3	4	5	6	7	8	
	fx >>			1	-0.0100								^
🚳 deploytool.bat 😑				2	-0.0100								-
🔮 lcdata.xml				3	-0.0100								
Icdata.xsd				4	-0.0100								
A matlab.exe				5	-0.0100								
🚳 mbuild.bat				6	-0.0100								
S mcc.bat				7	-0.0100								
MemShieldStarte				8	-0.0100								
Detaile t				9	-0.0100								
Details				10	-0.0100								
Workspace 🐨				11	-0.0100								
Name Valu				14	-0.0100								
nivel 1682				1:	-0.0100								
setpoint 1682				14	-0.0100								
				16	-0.0100								
				17	-0.0100								
				18	-0.0100								
				19	-0.0100								-

FIGURA Nº. 67 Ingreso de datos de Nivel y Setpoint

Continuadamente pinchamos en Identificador de sistemas

Import data	on
	• 0
	• ×
setpoint ×	
Working Data	7 8
Estimate	A
Data Verws         To         Model Verws         -0.0100           Time plot         Vorkizace         LTI Verwor         Model output         Transient resp         Nonlinear ARX	
Data spectra   Model resids   Frequency resp   Hamm-Wiener -0.0100 - 00100	
Trash Validation Data - 0.0100 - 0.0100	
Status line is here0.0100	
Workspace () 44 -0.0100	
Name ~ Valu 12 -0.0100	
nivel 168.	
setpoint 1682	
16 -0.0100	
17 -0.0100	
18 -0.0100	
19 -0.0100	

FIGURA Nº. 68 Ventana de System Identification

### A continuación se escoge Time Domine Data





En la página que se direcciona automáticamente se ingresan los valores de entrada y salida

🗼 Import Data		:a
Data Format	for Signals	а
Time-Domain Signa	als 💌	
Workspace	Variable	
Input:		
Output:		$\mathbf{\nu}$
Data Info	rmation	
Data name:	mydata	
Starting time:	1	
Sample time:	1	
	More	
Import	Reset	
Close	Help	

FIGURA Nº. 70 Ventana Import Data

Seleccionar Quick Star



FIGURA Nº. 71 Ventana de selección Quick Start

Realizada la importación de las variables seleccionar Transfer Function Model



FIGURA Nº. 72 Ventana Trasnfer Funtion Models

Aparecerá una ventana donde se selecciona el número de polos y ceros de la función de transferencia a utilizarse, para así poder seleccionar la función de transferencia que mejor se adapte al sistema

A Transfer Functions	J
Model name: tf1 🥒	1
Number of poles: 2	
Number of zeros: 1	Ш
Continuous-time      Discrete-time (Ts = 0.01)     Feedthrough	I
► I/O Delay	
Estimation Options	
Estimate Close Help	

FIGURA Nº. 73 Ventana de ingreso de polos y ceros

Para seleccionar la función de transferencia que se ajuste al sistema se de seleccionar la que tenga un estimado mínimo del 80%, en este caso la estimación fue del 94% por lo que se procede a seleccionar la siguiente función de trasferencia.



FIGURA Nº. 74 Ventana de función de transferencia

#### 2.9 CALCULO DEL PID

En Simulink Library Se crea un diagrama de bloques en lazo cerrado donde se ingresan los valores de la función de transferencia obtenida.

Ingresar a Simulink los bloques y hacer doble click en Transfer Fcn



FIGURA Nº. 75 Ventana de ingreso de bloques

Ingresar los valores de la función de transferencia tanto el numerador como el denominador. Hacer click en OK

		0
-	🚹 Function Block Parameters: Transfer Fcn	$\times$
-	Transfer Fcn	
-	The numerator coefficient can be a vector or matrix expression. The denominator coefficient must be a vector. The output width equals the number of rows in the numerator coefficient. You should specify the coefficients in descending order of powers of s.	
	Parameters	
	Numerator coefficients:	
	[1]	
	Denominator coefficients:	
	[1 1]	
	Absolute tolerance:	
	auto	
	State Name: (e.g., 'position')	
	П	
	OK Cancel Help Appl	у

FIGURA Nº. 76 Ventana de ingreso de valores de la función de transferencia

_												_	_	_	
🔁 ur	titled *	- Simu	link												x
File	Edit	View	Display	Diagram	n Simulatio	on Analysis	Code	e Tools	Help						
2	• 8		⇒ ☆		🎯 🕶 🧱	- 📦 🍕	. 🕑		- 🗠	10.0			» 🥑	• 🗄	•
untit	led														
۲	🎦 unti	tled													•
Q															
2 2															
⇒									Γ			1			
AE						<b>↓</b> ()		P		0.03693s <sup>2</sup> +0 s <sup>2</sup> +0.859	.4516s+0.4287 4s+0.1546	$\square$			
<u>~</u>					Step	Ť		PID C	ontroller	Trans	fer Fon		Scope		
								d	1. C.						

FIGURA Nº. 77 Ventana de simulink

Se ingresa en el bloque de PID y se selecciona TUNE

Function Block Parame	eters: PID Controller				
PID Controller					
This block implements anti-windup, external i (requires Simulink Cor	continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune' button trol Design).				
Controller: PID	▼ Form: Parallel				
Time domain:	E				
Continuous-time					
Discrete-time					
Main PID Advance	d Data Types State Attributes				
Controller parameters	5				
Source:	internal				
Proportional (P):	1				
Integral (I):	1 1 N				
Derivative (D): 0 $P+I\frac{1}{s}$					
Filter coefficient (N): 100					
	Tune				

FIGURA Nº. 78 Ventana de PID

Resultado de la linealidad y click en Update



FIGURA Nº. 82 Ventana PID

				Indreso de lo al bic - vvor	a		
PID Tuner (u	ntitled/PID Contro	oller) - Step Plot: Refe	erence tracking	COMPANYING MARK			
PID TUNER	VIEW						5 e 🗖 🖓
Plant: Plant 👻	Type: PIDF Form: Parallel	Domain: Time 👻	Slower	Response Time (seconds)	Faster A.391	• 🕤 🔲	
A Inspect	Options	🛃 Add Plot 👻	Aggressive	Transient Behavior	Robust 0.6	Reset Sho Design Param	neters Block
PLANT	CONTROLLER	DESIGN		TUNI	NG TOOLS		RESU
	1.2 1 0.8 0.6 0.6 0.4			Step Plot: Reference trac	*king   -	Turned respons	
	-0.2	2	4 6	8 10 1	2 14 1	16 18	20
	0	_		Time (seconds)			
				nine (seconds)			

FIGURA Nº. 79 Ventana PID Tuner

Identificación de valores del PID refinado obtenidos con Simulink Library



FIGURA Nº. 80 Ventana de PID refinado

Grafica de la función de transferencia en lazo cerrado con control PID refinado



FIGURA Nº. 81 Ventana PID Tuner