



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**“MÓDULO DIDÁCTICO ELEVADOR ELECTRO-NEUMÁTICO CONTROLADO  
POR MEDIO DE DISPOSITIVO MÓVIL Y OPC”**

**AUTOR:** Miguel Leonardo Rojas Tobar

**DIRECTOR:** Ing. Diego Ortiz

**IBARRA - ECUADOR**

**2014**



**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 DE NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar 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 DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD	1002600573
APELLIDOS Y NOMBRES	ROJAS TOBAR MIGUEL LEONARDO
DIRECCION	SUCRE Y 2 DE MARZO, ATUNTAQUI IMBABURA ECUADOR
EMAIL	mikele.rt@gmail.com
TELÉFONO FIJO	062907366
TELÉFONO MÓVIL	0992293041
DATOS DE LA OBRA	
TITULO	MÓDULO DIDÁCTICO ELEVADOR ELECTRONEUMÁTICO CONTROLADO POR MEDIO DE DISPOSITIVO MÓVIL Y OPC
AUTOR	ROJAS TOBAR MIGUEL LEONARDO
FECHA	2014-06-26
PROGRAMA	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
DIRECTOR	ING. DIEGO ORTIZ

Firma

Nombre: Miguel Leonardo Rojas Tobar

Cedula: 1002600573

Ibarra, Julio 04 del 2014

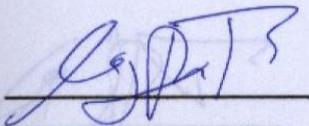
## 2. AUTORIZACIÓN USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Rojas Tobar Miguel Leonardo, con cedula de Identidad N°. 100260057-3, 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 de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la ley de educación Superior Artículo 144.

Yo Miguel Leonardo Rojas Tobar con cedula de identidad N° 100260057-3 autorizo 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 del trabajo de grado denominado : "MÓDULO DIDÁCTICO ELEVADOR ELECTRONEUMÁTICO CONTROLADO POR MEDIO DE DISPOSITIVO MÓVIL Y OPC", que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada, en concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma



Nombre: Miguel Leonardo Rojas Tobar

Nombre: Miguel Leonardo Rojas Tobar

Cedula: 1002600573

Cedula: 1002600573

Ibarra, Julio 04 del 2014

Ibarra, Julio 04 del 2014



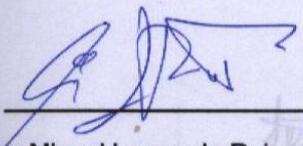
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS**

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

Yo, **Miguel Leonardo Rojas Tobar**, con cedula de identidad N° 100260057-3, 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 del trabajo de grado denominado : "MÓDULO DIDÁCTICO ELEVADOR ELECTRONEUMÁTICO CONTROLADO POR MEDIO DE DISPOSITIVO MÓVIL Y OPC", que ha sido desarrollado para optar por el título de **Ingeniero en Mecatrónica**, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada, en concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

  
Nombre: Miguel Leonardo Rojas Tobar

Cedula: 1002600573

Ibarra, Julio 04 del 2014

DIEGO ORTIZ ING.  
DIRECTOR DEL PROYECTO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADA**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

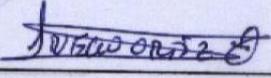
**CONSTANCIAS**

Yo, Miguel Leonardo Rojas Tobar, declaro bajo juramento que el trabajo aquí  
descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún  
Certifico que bajo mi dirección el trabajo " **MÓDULO DIDÁCTICO ELEVADOR  
ELECTRONEUMÁTICO CONTROLADO POR MEDIO DE DISPOSITIVO MÓVIL  
Y OPC** " fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Miguel Leonardo Rojas Tobar,  
siendo un trabajo inédito.

Con esta declaración cedo el derecho de propiedad intelectual  
correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo  
establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad  
vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 4 días del mes de Julio de 2014

EL AUTOR:

  
  
MIGUEL LEONARDO ROJAS TOBAR DIEGO ORTIZ ING.

C.I. 100280057-3

DIRECTOR DEL PROYECTO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

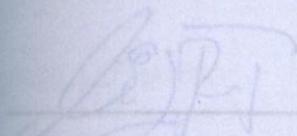
**CONSTANCIAS**

Yo, Miguel Leonardo Rojas Tobar, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 4 días del mes de Julio de 2014

EL AUTOR:

  
MIGUEL LEONARDO ROJAS TOBAR

  
MIGUEL LEONARDO ROJAS TOBAR

C.I. 100260057-3



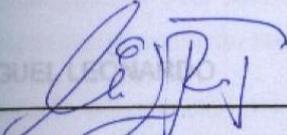
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADA**

**AGR DEDICATORIA**

A Dedico este trabajo a mi madre Carmen Tobar y a mi padre Miguel Rojas, que siempre han tenido fé en mi. por siempre ayudarme.

A A mis hermanas Pamela, Ángela y Amanda porque siempre me ayudan y me brinda su cariño.

A A mi sobrino Matías, una razón más en la vida de seguir adelante. por su labor como un excelente docente y su guía para culminar el presente trabajo de titulación.

  
MIGUEL LEONARDO ROJAS TOBAR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADA**

**AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mi Madre por su paciencia y amor, a mi Padre por sus valiosos consejos y hermanas por siempre ayudarme.

A mis amigos que estuvieron siempre conmigo durante la vida universitaria en las buenas y en las malas.

A mi director del proyecto Ingeniero Diego Ortiz por su confianza y por su labor como un excelente docente y su guía para culminar el presente trabajo de titulación.

**MIGUEL LEONARDO**

## RESUMEN

En la actualidad la tecnología avanza con una mayor velocidad, se debe aprovechar las innovaciones que surgen de ideas ingeniosas en el campo de la automatización industrial facilitando no solo a la industria, si no la labor del ser humano, ya que existen trabajos de difícil ejecución y desarrollo donde pueda dar el caso en que el operario no se encuentre seguro al momento de realizar sus actividades durante el trabajo. El módulo didáctico que se describe en el presente trabajo, tiene como finalidad de brindar ideas de innovación específicas para el área industrial y mecatrónica, en las que aprovechamos las fases fundamentales de la ingeniería: a) Diseño Mecánico, b) Neumática, c) Electrónica y Control, mismas que abarcan todo lo esencial de la mecatrónica y que permitieron desarrollar el modulo elevador electroneumático propuesto.

El elevador electroneumático está diseñado para trasladar en forma vertical cargas con un peso máximo de 90 kg a diferentes alturas utilizando cilindros neumáticos de doble efecto, que son los que generan la fuerza horizontal de empuje a un mecanismo constituido por barras, y éste a la vez se encarga en realizar un empuje de forma vertical la carga. Para el control de los cilindros neumáticos se utiliza un PLC DIRECT LOGIC DL 06 KOYO, el cual envía las señales eléctricas para controlar el accionamiento de las electroválvulas.

El PLC está instalado en un gabinete en el que se encuentra elementos complementarios, tales como protecciones eléctricas, fuentes conmutadas, relés, borneras, paros de emergencia, luces piloto, botoneras ON- OFF, Start - Stop. La programación del PLC se lo realiza utilizando el software DirectSoft para ordenador; el cual consta con las instrucciones para la emisión de las señales eléctricas que activan las electroválvulas, según la señal de ingreso recibida.

Para la visualización del proceso se lo puede realizar utilizando tipos de interfase hombre – máquina (HMI) : 1)Mediante un ordenador y 2)Mediante un Dispositivos Móvil. Para el desarrollo del HMI mediante ordenador se utiliza el lenguaje de programación .NET, que una vez finalizado se enlaza utilizando el protocolo de comunicación OPC del PLC.

## ABSTRACT

Today technology is advancing at a higher speed , we must take advantage of innovations arising from ingenious ideas in the field of industrial automation by providing not only the industry, otherwise the work of man, as there are jobs difficult to execute and development which may be the case that the operator does not find insurance at the time of their activities during work. The didactic module described in this work, aims to provide specific ideas innovation for industrial and mechatronics, which took advantage of the fundamental phases of engineering : a) Mechanical Design , b ) Pneumatics c ) Electronics and Control, same covering all the essentials of a mechatronics and helped to develop the proposed electro lift module. The electro-pneumatic lift is designed to transfer vertical loads with a maximum weight of 90 kg at different heights using pneumatic double acting cylinders , which are generated by the horizontal thrust force a mechanism consisting of bars , and this in turn is responsible to perform a push vertically the load. To control the air cylinders used a PLC DIRECT LOGIC KOYO DL 06 , which sends electrical signals to control the operation of the solenoid. PLC is installed in a cabinet in which additional elements , such as electrical protection is , switching power supplies , relays , terminal blocks , emergency stops , pilot lights, push button ON- OFF, Start - Stop . PLC programming is done using the DirectSoft computer software , which contains the instructions for the issuance of the electrical signals that activate the solenoid valves according to income received signal . For visualization of the process can be performed using interface types of man - machine interface (HMI ): 1 ) Using a computer and 2 ) Using a cell phone. To Devices HMI development using computer programming language used NET that . once completed binds using the communication protocol of the PLC OPC . In the case of mobile applications created using the J2ME software and communication with the PLC is via bluetooth.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
CONSTANCIAS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DEDICATORIA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
AGRADECIMIENTO.....	VIII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
INDICE DE CONTENIDOS .....	XI
CAPITULO I .....	1
ELEVADORES EN LA INDUSTRIA .....	1
1.1 APLICACIONES.....	1
1.1.1 ELEVADORES CON ACTUADORES HIDRAULICOS.....	1
1.1.2 ELEVADORES CON ACTUADORES NEUMATICOS.....	2
1.2 TIPOS DE ELEVADORES .....	3
1.2.1 ELEVADORES DE 2 COLUMNAS.....	3
1.2.2 ELEVADOR DE TIPO TIJERA .....	3
1.2.3 ELEVADOR DE DOBLE TIJERA .....	4
1.2.4 ELEVADOR DE CUATRO COLUMNAS.....	5
CAPITULO II .....	6
SISTEMAS DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL .....	6
2.1 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE .....	6

2.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI .....	7
2.3 COMUNICACIONES .....	9
2.3.1 RS – 232.....	10
2.3.2 RS – 485.....	11
2.3.3 COMUNICACIÓN OPC .....	11
2.3.3.1 Ventajas de OPC.....	12
2.3.3.2 Posibilidades con el OPC .....	13
2.3.3.3 Requerimientos de funcionalidad .....	13
2.3.3.4 Funcionamiento de Opc.....	14
2.3.3.5 Modelo de objetos Opc.....	14
2.3.5 RED DE CONTROL PROFIBUS .....	18
2.3.6 RED DE CONTROL PROFINET .....	18
2.3.7 RED DE CONTROL DEVICENET.....	19
2.4 BLUETOOTH.....	20
2.5 ELECTRONEUMÁTICA.....	20
2.4.1 COMPONENTES ELECTRONEMUÁTICOS .....	20
2.6 SENSORES.....	21
CAPITULO III.....	23
DISEÑO DEL SISTEMA .....	23
3.1 ESTRUCTURA MECÁNICA .....	24
3.1.1 PROGRAMA DE DISEÑO INVENTOR 3D .....	24
3.1.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	24
3.1.3 DETERMINACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD.....	26
3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PARTES DEL ELEVADOR.....	27
3.1.4.1 Cálculo de reacciones del sistema .....	29
3.1.4.2 Dimensionamiento de base superior .....	37
3.1.4.3 Análisis del perfil hueco rectangular .....	41

3.1.4.3.1 <i>Momento de inercia y esfuerzo del perfil cuadrado hueco</i> .....	41
3.1.4.3.2 <i>Deflexión del perfil como índice de rigidez</i> .....	43
3.1.4.4 <i>Diseño del perfil canal</i> .....	47
3.1.4.5 <i>Diseño de pasadores en el sistema</i> .....	51
3.1.4.6 <i>Diseño eje del rodamiento</i> .....	55
3.1.4.7 <i>Selección del rodamiento</i> .....	57
3.1.4.7.1 <i>Vida útil del rodamiento</i> .....	60
3.2 <b>DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO</b> .....	62
3.2.1 <b>DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO</b> .....	62
3.2.2 <b>SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS</b> .....	65
3.2.2.1 <b>Dimensionamiento de cilindros para el elevador</b> .....	65
3.2.2.1.1 <i>Fuerza máxima</i> .....	65
3.2.2.1.2 <i>Diámetro mínimo del vástago</i> .....	65
3.2.2.1.3 <i>Fuerza teórica (SMC, 2003)</i> .....	66
3.2.2.1.4 <i>Fuerza máxima permisible</i> .....	67
3.2.2.1.5 <i>Mínimo diámetro vástago permisible</i> .....	67
3.2.2.1.6 <i>Fuerza teórica</i> .....	67
3.2.2.2 <b>Consumo de aire en el cilindro</b> .....	68
3.2.2.3 <b>Selección de elementos neumáticos y tuberías</b> .....	69
3.2.2.3.1 <i>Electroválvulas</i> .....	69
3.2.2.3.2 <i>Regulador de caudal unidireccional</i> .....	70
3.2.2.3.3 <i>Tubería</i> .....	71
3.2.2.3.4 <i>Elementos adicionales</i> .....	72
3.2.2.3.5 <i>Selección unidad técnica de mantenimiento (UTM)</i> .....	72
3.2.2.3.6 <i>Compresor</i> .....	73
3.3 <b>COMUNICACIONES</b> .....	75
3.3.1 <b>CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR OPC</b> .....	75

3.3.1.1 Configuración del canal de comunicación .....	75
3.3.1.2 Agregar un dispositivo al canal de comunicación.....	78
3.3.1.3 Agregar TAGS.....	82
3.3.1.4 Configuración del cliente OPC.....	83
3.3.1.5 Código para conectarse con servidor OPC .....	84
3.3.1.6 Código para agregar al grupo.....	85
3.3.1.7 Código para agregar TAGS.....	85
3.3.1.8 Método utilizado para leer y escribir información.....	86
3.3.1.9 Código para lectura de datos.....	86
3.3.1.10 Escritura de datos.....	87
3.3.2 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN BLUETOOTH .....	88
3.3.2.1 Configuración módulo bluetooth smirfgold.....	89
3.3.2.1.1 Configuración local módulo bluetooth vía puerto serial .....	90
3.3.2.1.2 Referencia de comandos.....	91
3.3.3 APP DISPOSITIVO MOVIL.....	92
3.4 PROGRAMACION.....	92
3.4.1 Plc.....	93
3.4.1.1 Interfaz del Usuario.....	94
3.4.2 INTERFAZ HMI-PC .....	95
3.4.2.1 Panel de salidas digitales .....	96
3.4.2.2 Panel de entradas digitales .....	96
3.4.2.3 Panel de configuración OPC .....	97
3.4.2.3.3 Botón buscar .....	97
3.4.2.3.4 Botón conectar .....	97
3.4.2.3.5 Botón salir.....	98
3.4.3 DISPOSITIVO MÓVIL.....	98
3.4.3.1 Configuraciones.....	99

3.4.3.1.1 Configuración CDC(Connected Device Configuration).....	99
3.4.3.1.2 Configuración CLDC(Connected Limited Device Configuration) .....	100
3.4.3.1.3 Mobile information device profile (MIDP).....	100
3.4.3.1.4 MIDlets .....	101
3.4.3.1.5 Interfaz grafica de usuario .....	102
3.4.3.1.6 Comunicación bluetooth (RFCOMM).....	104
3.4.3.1.7 API sensor móvil acelerómetro.....	107
CAPITULO IV .....	111
CONSTRUCCIÓN .....	111
4.1 MECÁNICA .....	111
4.1.1 ESTRUCTURA.....	111
4.1.2 ELECTRONEUMÁTICA .....	113
4.2 ELECTRICA .....	115
4.3 ELECTRONICA.....	116
4.3.1 MÓDULO ANALOGICO .....	116
4.3.2 MODULO ARDUINO .....	117
4.3.3 MODULO BLUESMIRF GOLD .....	118
4.3.4 SENSOR MAXBOTIX.....	118
4.3.5 MÓDULO EXPANSIÓN.....	120
4.4 CONTROL.....	121
CAPITULO V .....	126
PRUEBAS Y RETROALIMENTACIÓN .....	126
5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	126
5.1.1 MONTAJE ELECTRÓNICA CONTROL.....	126
5.1.2 MONTAJE DE SISTEMAS MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS .....	127
5.1.3 MONTAJE GABINETE NEUMÁTICO .....	128
5.1.4 MONTAJE HMI POR ORDENADOR .....	129

5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA.....	130
5.2.1 CALIBRACIÓN SENSOR MAXBOTIX .....	130
5.2.2 PRUEBA DE CONTROL MEDIANTE OPC.....	131
CAPITULO VI .....	133
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y ANEXOS.....	133
6.1 CONCLUSIONES.....	133
6.2 RECOMENDACION .....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	136
ANEXOS.....	138

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO I**

Figura 1. 1 Elevador hidráulico .....	2
Figura 1. 2 Elevador tipo tijera neumático .....	2
Figura 1.3 Elevador de dos columnas .....	3
Figura 1. 4 Elevador tipo tijera.....	4
Figura 1. 5 Elevador de doble tijera .....	5
Figura 1. 6 Elevador de cuatro columnas .....	5

### **CAPÍTULO II**

Figura 2. 1 Controlador Lógico programable .....	6
Figura 2. 2 Esquema general para HMI .....	8
Figura 2. 3 Esquema general del sistema HMI .....	8
Figura 2. 4 Esquema redes industriales .....	9
Figura 2. 5 Esquema general redes de control.....	10
Figura 2. 6 Comunicación RS-232.....	11
Figura 2. 7 Comunicación – 485.....	11

Figura 2. 8 Ambiente Heterogéneo de Sistemas para la Industria .....	12
Figura 2. 9 Funcionamiento e Interfaces de OPC .....	14
Figura 2. 10 Modelo de Objetos del Servidor de Automatización OPC .....	15
Figura 2. 11 Relaciones entre Grupos e Items .....	16
Figura 2. 12 Modelo de comunicación Ethernet .....	17
Figura 2. 13 Modelo Profibus .....	18
Figura 2. 14 Modelo Profinet .....	19
Figura 2. 15 Modelo Device Net .....	19
Figura 2. 16 BLUETOOTH .....	20
Figura 2. 17 Sistema Electroneumático.....	21
Figura 2. 18 Dispositivos Neumáticos .....	21
Figura 2. 19 Esquema general Sensores .....	22
Figura 2. 20 Sensor magnético .....	22
Figura 2. 21 Finales de carrera .....	22

### **CAPÍTULO III**

Figura 3. 1 Esquema general del sistema .....	23
Figura 3. 2 Análisis grafica de resultado de un perfil en INVENTOR .....	25
Figura 3. 3 Esfuerzo Von Mises Elevador Neumático .....	25
Figura 3. 4 Desplazamiento Elevador Neumático .....	26
Figura 3. 5 Factor Seguridad.....	26
Figura 3. 6 Elevador Neumático en INVENTOR.....	30
Figura 3. 7 Bosquejo elevador neumático INVENTOR.....	30
Figura 3. 8 Estructura general del elevador a 40 grados.....	32
Figura 3. 9 Eslabón AEC .....	33
Figura 3. 10 Eslabón DEB .....	34
Figura 3. 11 Estructura general del elevador a 8 grados.....	34
Figura 3. 12 Eslabón BED a 8 grados de elevación .....	35
Figura 3. 13 Perfil de la base superior.....	38
Figura 3. 14 Diagrama Cortes y Momentos.....	38
Figura 3. 15 Representación grafica del momento de inercia Total .....	41
Figura 3. 16 Elevador en su mínima altura 0.28 m .....	43

Figura 3. 17 Análisis del perfil en deflexión .....	45
Figura 3. 18 Altura máxima Levador.....	46
Figura 3. 19 Deflexión en altura máxima .....	47
Figura 3. 20 Diseño canal de guía en CAD .....	47
Figura 3. 21 Diagramas de cortes y momentos del canal.....	48
Figura 3. 22 Medidas del canal guía.....	49
Figura 3. 23 Deformación Tensión de VONMISES.....	50
Figura 3. 24 Desplazamiento en base superior .....	50
Figura 3. 25 Esquema de posición de los pasadores en el sistema .....	51
Figura 3. 26 Pasadores en el sistema elevador Inventor .....	55
Figura 3. 27 Diagrama de cortes y momentos.....	56
Figura 3. 28 Rodamiento .....	61
Figura 3. 29 Análisis de Von Mises en tijera y pasador .....	61
Figura 3. 30 Desplazamiento.....	62
Figura 3. 31 Circuito Neumático (Estado Final) .....	63
Figura 3. 32 Diagrama de Fase .....	64
Figura 3. 33 Estado inicial de los cilindros neumáticos.....	64
Figura 3. 34 Simulación electro-neumática en FESTO Fluidsim estado final .....	64
Figura 3. 35 Característica electroválvula MetalWork2009.....	70
Figura 3. 36 Regulador de caudal MetalWork 2009.....	71
Figura 3. 37 Ventana principal del software KepDirect 5.5 for PLC .....	76
Figura 3. 38 Ventana New Channel-Identificación del software KepDirect.....	76
Figura 3. 39 Ventana New Channel-Communications software KepDirect.....	77
Figura 3. 40 Ventana New Channel-Write Optimization software KepDirect .....	77
Figura 3. 41 Ventana New Channel-Write Summary software KepDirect.....	78
Figura 3. 42 Ventana Principal con el enlace de agregar dispositivos KepDirect ..	78
Figura 3. 43 Ventana para agregar el enlace de dispositivos KepDirect .....	79
Figura 3. 44 Ventana para agregar la serie del PLC KepDirect.....	79
Figura 3. 45 Ventana New Device-ID KepDirect.....	80
Figura 3. 46 Ventana New Device-Timing KepDirect.....	80
Figura 3. 47 Ventana New Device-Auto Demotion KepDirect.....	81
Figura 3. 48 Ventana New Device-Database Creation Demotion KepDirect .....	81
Figura 3. 49 Ventana New Device – Tag import settings KepDirect .....	82

Figura 3. 50 Ventana New Device – Summary KepDirect.....	82
Figura 3. 51 Ventana Tag – Properties KepDirect.....	83
Figura 3. 52 Conexión Cliente Servidor.....	84
Figura 3. 53 Ventana de Bienvenida del software Arduino.....	89
Figura 3. 54 Ventana principal de Arduino .....	89
Figura 3. 55 Ventana Serial Monitor.....	90
Figura 3. 56 Ventana Serial Monitor (entrando modo comando).....	91
Figura 3. 57 Ventana Serial Monitor fin de la configuración bluetooth .....	92
Figura 3. 58 Lenguaje Ladder DirectLogic4 .....	93
Figura 3. 59 Flujo grama subrutina 0.....	94
Figura 3. 60 Diagrama de flujo subrutina 1 .....	95
Figura 3. 61 Programación PLC LADDER .....	95
Figura 3. 62 Interfaz HMI en VisualBasic.net .....	96
Figura 3. 63 Panel de activación de salidas digitales PLC .....	96
Figura 3. 64 Panel de activación de entradas digitales PLC .....	97
Figura 3. 65 Panel de configuración OPC .....	97
Figura 3. 66 Simulador Android Netbeans Aplicación Móvil.....	99
Figura 3. 67 Configuración CDC y CDL .....	100
Figura 3. 68 Clase MIDlets en J2ME .....	101
Figura 3. 69 Clase Canvas MIDP.....	103
Figura 3. 70 Simulación en J2ME pantalla inicio.....	103
Figura 3. 71 Simulación en J2ME pantalla principal.....	104
Figura 3. 72 Esquema general RFCOMM y SPP .....	105
Figura 3. 73 Código Bluetooth SPP.....	105
Figura 3. 74 Ventana de búsqueda bluetooth en simulación J2ME.....	106
Figura 3. 75 Ventana de inicio búsqueda bluetooth en simulación J2ME .....	106
Figura 3. 76 Ventana de no encontrar dispositivos bluetooth cercanos en simulación J2ME .....	107
Figura 3. 77 Código para inicializar Sensor API Acelerómetro.....	108
Figura 3. 78 Código para adquirir datos Sensor API Acelerómetro .....	109
Figura 3. 79 Simulación para adquirir tipo de Sensor API Acelerómetro.....	109
Figura 3. 80 Simulación para adquirir datos Sensor API Acelerómetro.....	110

## **CAPÍTULO IV**

Figura 4. 1 Base superior e inferior después de soldar. ....	111
Figura 4. 2 Estructura del elevador.....	112
Figura 4. 3 Puesta de rodamientos en el sistema.....	112
Figura 4. 4 Cilindros Neumáticos instalados.....	113
Figura 4. 5 Bases de fijación Vástago y Cilindro .....	113
Figura 4. 6 Cilindro Neumático Doble Efecto.....	113
Figura 4. 7 Electroválvulas y FRL.....	114
Figura 4. 8 Gabinete Neumático.....	114
Figura 4. 9 Disyuntor y fusibles .....	115
Figura 4. 10 Conexiones del sistema de control.....	116
Figura 4. 11 Modulo F004AD-2 .....	117
Figura 4. 12 Modulo Arduino Uno en Funcionamiento.....	118
Figura 4. 13 Modulo Bluetooth.....	118
Figura 4. 14 Sensor Ultrasonido MaxBotix .....	119
Figura 4. 15 Diseño Modulo de expansión vistas .....	121
Figura 4. 16 Vista interna del Gabinete de Control con sus elementos .....	122
Figura 4. 17 Vista externa Gabinete de control .....	123
Figura 4. 18 Caja indicadora luz piloto.....	123
Figura 4. 19 PLC KOYO sobre riel DINN.....	124

## **CAPITULO V**

Figura 5. 1 Modulo Arduino y Expansión sobre riel DINN.....	126
Figura 5. 2 Montaje Gabinetes sobre pedestal.....	127
Figura 5. 3 Montaje final del elevador.....	127
Figura 5. 4 Montaje de cilindros Neumáticos.....	128
Figura 5. 5 Montaje Gabinete Neumático .....	129
Figura 5. 6 HMI por Ordenador.....	130

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2. 1 Descripción de objetos de la especificación OPC.....	15
---	----

Tabla 3. 1 Elementos del elevador .....	28
Tabla 3. 2 Tabla del tubo estructural rectangular .....	29
Tabla 3.3 Tabla de reacciones en apoyos y conexiones .....	31
Tabla 3. 4 Peso de los elementos del elevador .....	31
Tabla 3. 5 Peso total para elevar.....	31
Tabla 3. 6 Cálculo de reacciones aproximados en INVENTOR .....	37
Tabla 3. 7 Factores de confiabilidad.....	52
Tabla 3. 8 Factores de tamaño.....	53
Tabla 3. 9 Propiedades mecánicas del Acero 705 .....	55
Tabla 3. 10 Especificaciones técnicas rodamiento SKF 6205 .....	58
Tabla 3. 11 Resultados Programa SKF ONLINE.....	59
Tabla 3. 12 Descripción de la secuencia de los cilindro neumáticos .....	63
Tabla 3. 13 Tabla de coeficiente K por longitud libre en función de la fijación .....	67
Tabla 3. 14 Características técnicas del cilindro neumático .....	68
Tabla 3. 15 Fuerzas desarrolladas en empuje y tracción según catálogo general METALWORK 2009 .....	68
Tabla 3. 16 Selección de Electroválvulas .....	70
Tabla 3. 17 Selección de regulador de caudal .....	71
Tabla 3. 18 Tubo poliuretano.....	71
Tabla 3. 19 Conector rápido T.....	72
Tabla 3. 20 Conector rápido recto .....	72
Tabla 3. 21 Silenciador.....	72
Tabla 3. 22 Selección FRL .....	73
Tabla 3. 23 Pérdidas en los elementos neumáticos .....	74
Tabla 3. 24 Propiedades del compresor.....	75
Tabla 4. 1 Tabla de características del electrodo 6011 .....	111
Tabla 4. 2 Valores de conversión análogo digital .....	119
Tabla 4. 3 Tabla de distribución PLC y Arduino .....	125
Tabla 5. 1 Calibración sensor ultrasónico .....	131
Tabla 5. 2 Adquisición de datos en prueba del módulo del elevador .....	132

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3. 1 Sumatoria de Momentos .....	32
Ecuación 3. 2 Sumatoria de Reacciones .....	32
Ecuación 3. 3 Trabajo Virtual.....	36
Ecuación 3. 4 Módulo de sección .....	39
Ecuación 3. 5 Despeje de la Ecuación 3.4 .....	39
Ecuación 3. 6 Esfuerzo con respecto al módulo de sección.....	39
Ecuación 3. 7 Esfuerzo de diseño .....	40
Ecuación 3. 8 Momento Inercia rectángulo.....	42
Ecuación 3. 9 Esfuerzo Normal .....	42
Ecuación 3. 10 Deflexión .....	44
Ecuación 3. 11 Fuerza media .....	51
Ecuación 3. 12 Fuerza Alternativa .....	51
Ecuación 3. 13 Esfuerzo media .....	51
Ecuación 3. 14 Esfuerzo Alternativo .....	51
Ecuación 3. 15 Resistencia al cortante.....	52
Ecuación 3. 16 Resistencia de fatiga.....	53
Ecuación 3. 17 Resistencia de fatiga en cortante .....	53
Ecuación 3. 18 Ecuación de Goodman.....	54
Ecuación 3. 19 Momento Inicial.....	56
Ecuación 3. 20 Par Torsional Equivalente .....	57
Ecuación 3. 21 Falla por esfuerzo cortante .....	57
Ecuación 3. 22 Modulo Sección Polar .....	57
Ecuación 3. 23 Carga radial mínima.....	58
Ecuación 3. 24 Diámetro medio.....	58
Ecuación 3. 25 Ecuación de carga según manual SKF .....	59
Ecuación 3. 26 Factor de seguridad estático .....	60
Ecuación 3. 27 Vida útil rodamiento .....	60
Ecuación 3. 28 Fuerza máxima aplicada .....	65
Ecuación 3. 29 Diámetro mínimo del vástago .....	66
Ecuación 3. 30 Caudal requerido.....	69
Ecuación 3. 31 Presión de entrega al compresor .....	74
Ecuación 3. 32 Potencia requerida .....	74

# **CAPITULO I**

## **ELEVADORES EN LA INDUSTRIA**

El elevador es un sistema de transporte vertical que sirve para trasladar objetos o personas entre los diferentes niveles.

Se instalan fundamentalmente dos tipos de elevadores, el neumático y el hidráulico, este ultimo también denominado oleodinámico.

### **1.1 APLICACIONES**

(Miravete & Arrode, 1996, p. 194)"Se sabe que los primeros diseños de transporte y elevación fueron las poleas, las palancas, los planos inclinados y los rodillos para facilitar el traslado de objetos de diferentes pesos."

Los elevadores son útiles para facilitar el transporte y elevación de cargas pesadas, siendo aplicados a nivel industrial en: laboratorios de mecánica en general, factorías para servicios de mantenimiento e inspección rápida, talleres de alineación y balanceo, metalmecánica, bodegas etc., con dos tipos de actuadores como Hidráulico y Neumático.

#### **1.1.1 ELEVADORES CON ACTUADORES HIDRAULICOS**

(Sole, 2011, p. 9) "El circuito oleodinámico comprende de válvulas de mando manual o eléctrica, tuberías, bomba-contenedor para el flujo de aceite y actuador. Con la presión hidráulica que ejerce una bomba de la misma, el líquido se desplaza por todo el circuito oleodinámico llegando al actuador, Los actuadores hidráulicos proporcionan pares y fuerzas elevadas y un buen control del movimiento siendo su principal ventaja frente a los sistemas Neumáticos."La fuerza que ejerce se mide en toneladas que depende de las características y dimensiones como presión de trabajo diámetros en embolo y vástago. Utilizando estos actuadores en elevadores, pueden tener un recorrido muy grande de elevación, depende del diseño y mecanismos asociados en el elevador aplicando uno o más actuadores con esfuerzos mínimos. No existe limitación en cuanto a la fuerza que puede ofrecer el sistema hidráulico, pudiéndose elegir el circuito

oleodinámico y actuador necesario para cada caso, la limitación tendrá mediante el tipo de diseño y por la estructura del elevador, que es la que determina para que carga está construido.

**Figura 1. 1** Elevador hidráulico



**Fuente :** <http://ec.clasificados.com/elevadores-hidraulicos-para-autos-17220>

### **1.1.2 ELEVADORES CON ACTUADORES NEUMATICOS**

(SMC, 2003, p. 11)"Un actuador neumático transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico, y tiene los mismos elementos que un sistema oleodinámico, la única diferencia es que el fluido es aire comprimido, y que en lugar de una bomba tiene un compresor". Las cargas para los actuadores neumáticos son bajas en kg. Los elevadores pueden funcionar con actuadores neumáticos, cuando las cargas no son muy grandes a 90 kg pero así mismo requieren de aire comprimido que acciona el mecanismo. La forma de accionamiento es la misma para ambos actuadores, necesitan de electroválvulas la cual al ser activadas mediante una señal eléctrica (alterna o directa), permite la circulación de aire comprimido a los actuadores, si la señal eléctrica en las electroválvulas se pierde, vuelve en la posición inicial, la cual impide el flujo de aire comprimido hacia los actuadores.

**Figura 1. 2** Elevador tipo tijera neumático



**Fuente:** <http://www.vongal.com/es/productos/elevadore-de-tijera/>

## 1.2 TIPOS DE ELEVADORES

### 1.2.1 ELEVADORES DE 2 COLUMNAS

(Bartoli, 2013)"Los elevadores de dos columnas, están compuesta de una estructura dividida en dos grupos, parte fija y parte móvil. La parte fija son dos columnas en C empennadas en el suelo, su función principal es de guiar los brazos o barras largas durante la elevación, a los costados tienen cilindros hidráulicos que mueven verticalmente las barras mediante un mecanismo de poleas y cuerdas, si los vástagos de ambos cilindro se retraen las barras se encuentra en una posición inicial en el piso, caso contrario, las barras comienzan a elevarse, soportando cargas de dos toneladas durante todo el recorrido y la parte móvil son los actuadores, que depende del diseño utilizan de tipo hidráulico(cargas altas) y neumático(cargas livianas)." A este tipo de elevadores también se los denomina elevador puente de dos columnas, siendo aplicado en los talleres mecánicos por el gran rendimiento y accesibilidad que ofrece en el momento de elevar carga y otro tipo de actividades. Este tipo de elevador de carga está diseñado con el fin de que en un taller mecánico se realicen tareas de reparación de una forma cómoda en especial cuando se realiza trabajos en la parte inferior de un automóvil por su capacidad de elevación de carga.

**Figura 1.3** Elevador de dos columnas



**Fuente:** <http://montartaller.com/elevador-2-columnas.html>

### 1.2.2 ELEVADOR DE TIPO TIJERA

(Bartoli, Bartolissrl, 2013)"Los elevadores de tijera constan de una plataforma en la parte superior donde se sitúa la carga; dos pares de barras, en la que cada par

de barras se entrecruzan teniendo una articulación común, en la que se fija un extremo de cada par de barras a la plataforma superior e inferior y los otros extremo se deslizan en dichas plataformas. De la posición de estas barras viene su nombre ya que recuerdan al mecanismo de una tijera." Para controlar el desplazamiento de las barras, la plataforma superior y la base inferior constan de guías a lo largo del eje horizontal para que el desplazamiento de las barras se realice a lo largo de este eje mediante ruedas. Para fijar las barras a la plataforma superior y base inferior se utilizan articulaciones tipo pasador. En base a esta configuración de mecanismo tipo tijera se logra la variación en altura de la plataforma superior, que a la vez es función del ángulo que forman cada par de barras articuladas. El movimiento se logra utilizando actuadores hidráulicos o neumáticos los cuales transmiten la fuerza al par de barras móviles logrando así la apertura o cierre del mecanismo tipo tijera. Entre sus principales ventajas esta que el peso de la carga levantada se distribuye de manera uniforme, debido al movimiento de tijera vertical debajo de una plataforma plana. La capacidad de carga máxima de dos toneladas para sistemas hidráulicos 3 toneladas y para sistemas neumáticos máximo de 200 lb

**Figura 1. 4** Elevador tipo tijera



**Fuente:**<http://www.jovalaccessibilidad.com/MLD-Plataformas-de-Tijera-.html>

### **1.2.3 ELEVADOR DE DOBLE TIJERA**

Es una variación del mecanismo tipo tijeras al ser incorporan un mayor número de pares de barras. Su peso máximo, según modelo, tamaño, suelen estar en pesos máximos desde los 200 kg hasta 3 toneladas, (todo dependiendo del tamaño).

**Figura 1. 5** Elevador de doble tijera



**Fuente:** <http://www.mecanizadosvillarreal.com/Mesa-elevadora-de-doble-tijera/>

#### **1.2.4 ELEVADOR DE CUATRO COLUMNAS**

(Bartoli, Bartolisrl, 2013)"Los elevadores de cuatro columnas son diseñados con el mismo sistema de elevación de dos columnas, agregando dos columnas a los costados, formado un tipo de rectángulo de medidas 3 m de ancho y 6 m de largo, con precisos cálculos estructurales que aporta alta seguridad en el trabajo con un nivel perfectamente horizontal de las plataformas a la hora de ascender, independientemente de la posición de la carga sobre la misma a seis toneladas."

**Figura 1. 6** Elevador de cuatro columnas



**Fuente:** [http://rampas-y-elevadores-automotrices.blogspot.com/2011/elev\\_15.html](http://rampas-y-elevadores-automotrices.blogspot.com/2011/elev_15.html)

Una mejor alternativa es el elevador de tipo tijera, de fácil construcción, accionamiento electroneumático y actuadores neumáticos, por la razón de que las cargas para elevar son livianas y no superan los 90 kg.

## CAPITULO II

### SISTEMAS DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

En su inicio para la automatización industrial se utilizaba relees y contactóres, lo que exigía al diseñador tener conocimientos técnicos muy altos para poder realizarlas este tipo de proyectos, así como también su mantenimiento. También cualquier innovación en el proceso implicaba modificar físicamente la mayoría de las conexiones de los montajes. Hoy en día la automatización industrial utiliza los autómatas industriales o también denominados controladores lógicos programables, sustituyendo así a los circuitos electromecánicos. (efn.uncor, 2013)"El PLC (Controlador Lógico Programable) empezó como solución al control de circuitos complejos de automatización. Entonces se puede decir que Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico que sustituye los circuitos electromecánico o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los finales de carrera, pulsadores, etc.(captadores)por un lado, y bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc. y actuadores."

#### 2.1 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico que dispone de una memoria programable para almacenar las instrucciones e implementar funciones lógicas y secuencias de un proceso industrial, para lo cual se necesita de entradas y salidas digitales o analógicas para el control del proceso. Para casos en los que se requiera adquisición de datos en tiempo real, el PLC dispone de un puerto de comunicación para el ordenador. Figura 2.1.

**Figura 2. 1** Controlador Lógico programable



**Fuente :** <http://www.interconnectingautomation.com/onlinecourses/course/>

El PLC es utilizado para los casos en los que se requiera una operación coordinada entre elementos eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos. Estos equipos pueden ser de tipo modular o compacto. (Sanchez, 2008, p. 150) Los de tipo compacto reúnen todas las características en un solo dispositivo de PLC, como CPU, puertos de entrada y salida digital, fuente integrada y puertos COM, teniendo así un menor espacio por su construcción compacta y los de tipo modular son PLC que sus partes no son integradas, en este caso están repartidas por módulos electrónicos separados las cuales son armables para formar el conjunto programable.

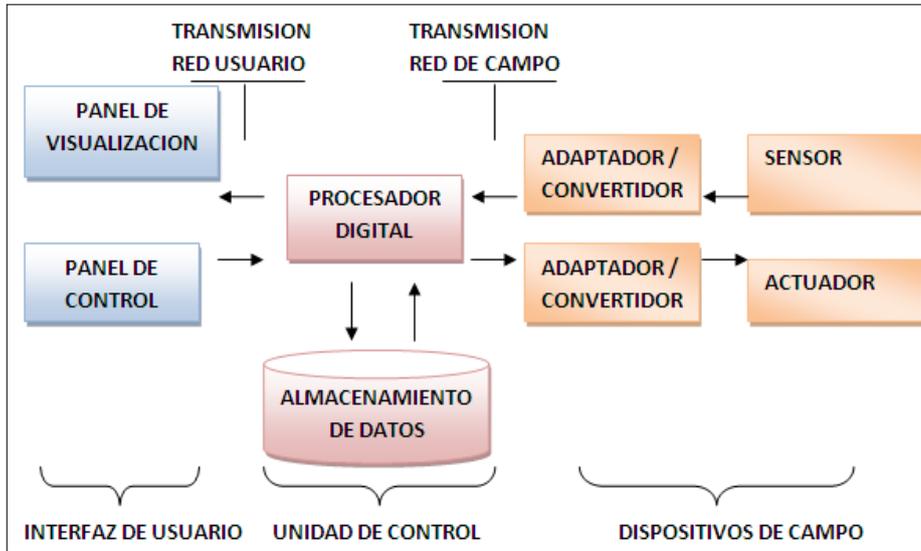
## **2.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI**

(Sanchez, 2008, p. 135)"La abreviación en ingles de Interfaz Hombre Máquina son las siglas HMI es un software creado en un ordenador que permite la visualización y monitoreo en tiempo real de las operaciones y ejecuciones de un proceso industrial, el medio de visualización puede ser por pantallas táctiles o por un monitor del ordenador".

Los sistemas HMI se representa en tres grupos, Interfaz de usuario, unidad de control y dispositivos de campo. La interfaz de usuarios(HMI) son los medios de visualización descritas anteriormente. La unidad de control(PLC) es el procesamiento digital y almacenamiento de datos la cual adquiere datos físicos(temperatura, presión, etc.) de un proceso y los almacena en memoria para luego poder ser procesada digitalmente para la toma de decisiones para la ejecución y control del sistema industrial, y los dispositivos de campo son los actuadores, sensores y unidades de conversión de comunicación dispositivos como PLC, tarjetas electrónicas de entrada/salida digitales, RTU (Unidades remotas I/O) o Driver´s (Variadores de velocidad de motores).

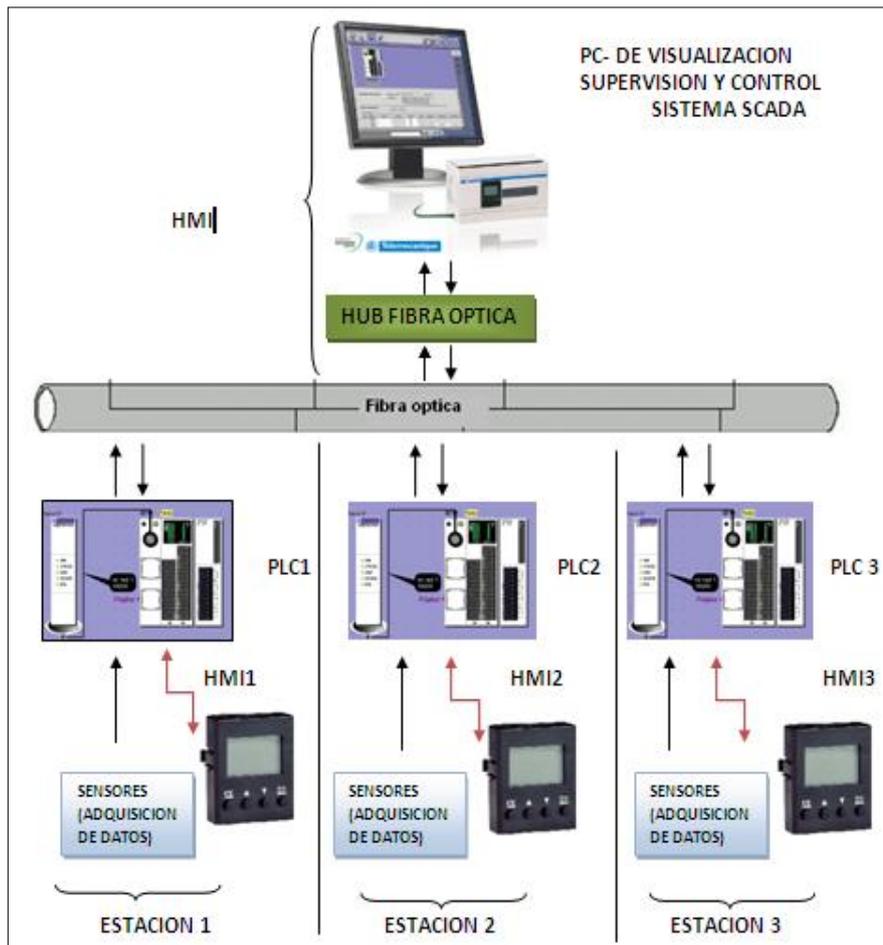
En la figura 2.2 describe en forma general los componentes básicos que forman un HMI, y la figura 2.3 muestra los dispositivos que intervienen en un sistema de control industrial, teniendo en cuenta que el ordenador tiene integrada el software HMI y las pantallas o paneles de supervisión también intervienen en el conjunto del sistema de supervisión y control industrial.

**Figura 2. 2** Esquema general para HMI



Fuente: Propia

**Figura 2. 3** Esquema general del sistema HMI

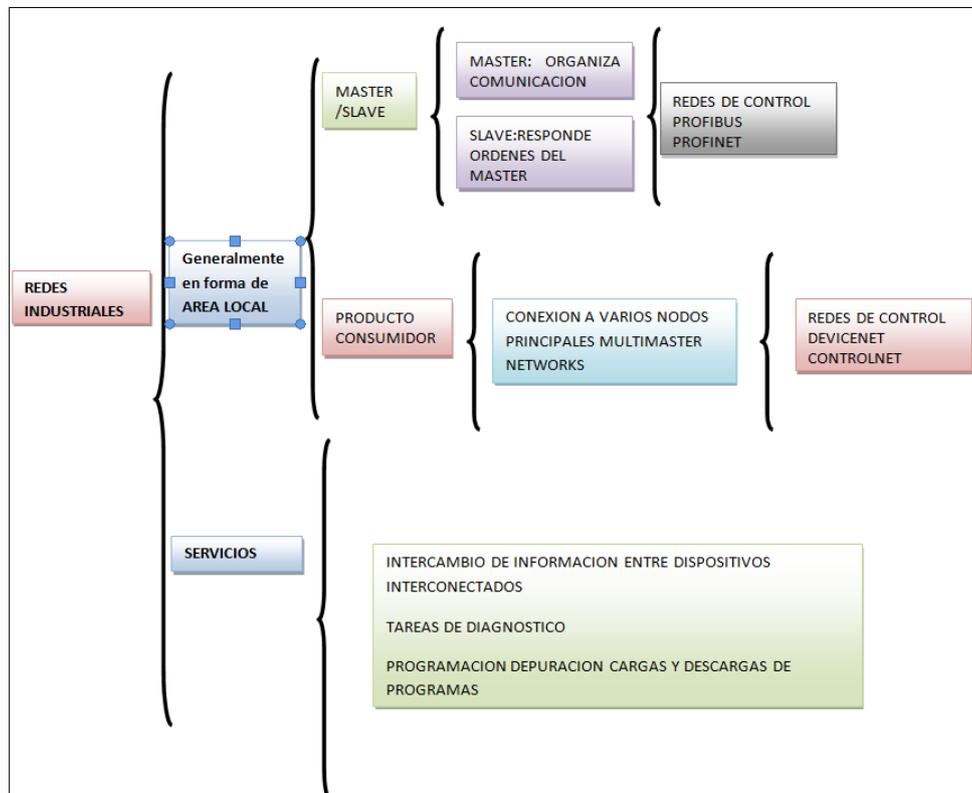


Fuente: Autor

## 2.3 COMUNICACIONES

Se define como la comunicación entre uno o varios dispositivos de campo creando así una red industrial, la cual permite el intercambio de información entre diferentes elementos como PLC, Drivers, tarjetas electrónicas, sensores actuadores, etc. El medio por la cual esta información llega a los diferentes elementos que pertenecen a esta red industrial puede ser de fibra óptica o mediante cables par trenzado. Se utiliza fibra óptica cuando los elementos que van a intercambiar información estén ubicadas a largas distancias superiores a los 200 metros y los cables de par trenzado se utiliza para distancias menores a los 200 metros. Las comunicaciones que se encuentran en un sistema industrial son: RS232, RS485, OPC, Ethernet, ProfiBus, Profinet, DeviceNet y siendo la RS232 y la RS 485 actualmente ya descartadas de los medios de comunicación industrial. En la figura 2.4 describe mediante un esquema general las redes asociadas en la industria.

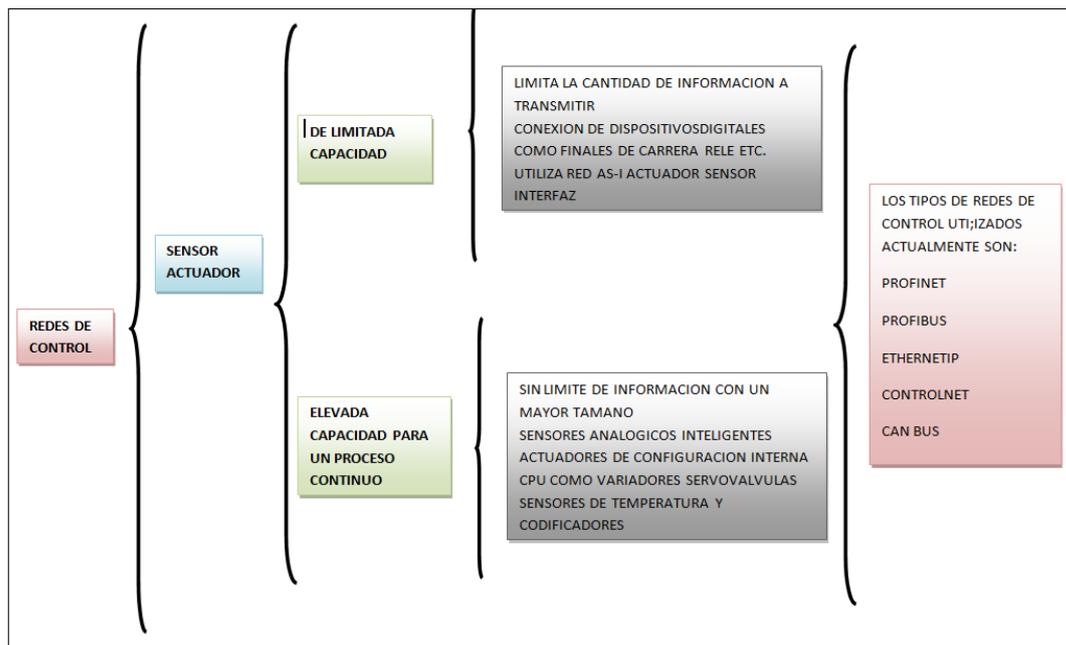
Figura 2. 4 Esquema redes industriales



Fuente: Autor

La implementación de una red industrial es de tipo local o LAN (Local Area Network), este tipo de conexión permite de una forma fácil y efectiva de instalar una o varias redes industriales interconectadas entre sí según se describió en el figura anterior. Se toma en cuenta en redes de control las características indispensable para utilizarlo como la capacidad de información y el tipo de sensores- actuadores que se desea instalar en una red según la figura 2.5..

**Figura 2. 5** Esquema general redes de control

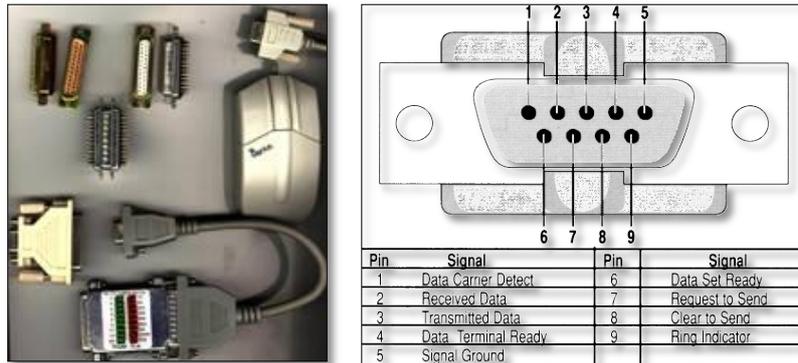


**Fuente:** Autor

### 2.3.1 RS – 232

(Pipelara, 2013)"La norma serial RS-232 fue diseñada para conectar equipos terminales de datos como un terminal COM de un ordenador con equipos de comunicación de datos, como módems, etc. La RS-232 permite la transmisión asíncrona de información. La transmisión asíncrona es sin duda la más frecuente y que se lleva a cabo con la siguiente configuración: 5- 8 bits de datos, 0 - 1 bit de paridad puede ser paridad par o impar(Even- Odd), siempre a cero y siempre a uno(Reset-Set) y 1- 2 bits de STOP o parada. La desventaja de este medio de comunicación es la de no contar con distancias de largo alcance, estas no pueden superar mas de los 3 m de cableado."

**Figura 2. 6** Comunicación RS-232



**Fuente:** <http://pipelara20.tripod.com/rs232.htm>

### 2.3.2 RS – 485

La interfaz RS485 fue desarrollada para que los datos sean transmitido en serie de alta velocidad a largas distancias entre 3 a 500 metros y existe bastante aplicación en el área industrial para la automatización industrial de procesos, la RS485 está constituido como un sistema bidireccional conectándose hasta 32 equipos de instrumentación.

**Figura 2. 7** Comunicación – 485



**Fuente :** <http://www.secami.com/PBSCProduct.asp?ltnID=4097695>

### 2.3.3 COMUNICACIÓN OPC

OLE for Process Control (OPC) es una comunicación para la supervisión y control de procesos. OPC permite que otras fuentes de datos envíen información específica a un mismo servidor o master para esta comunicación, a la vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con Ole Process Control. En el cual se elimina la necesidad de que todos los programas tengan drivers para interactuar con varias fuentes de datos, conviene que tengan un driver OPC.

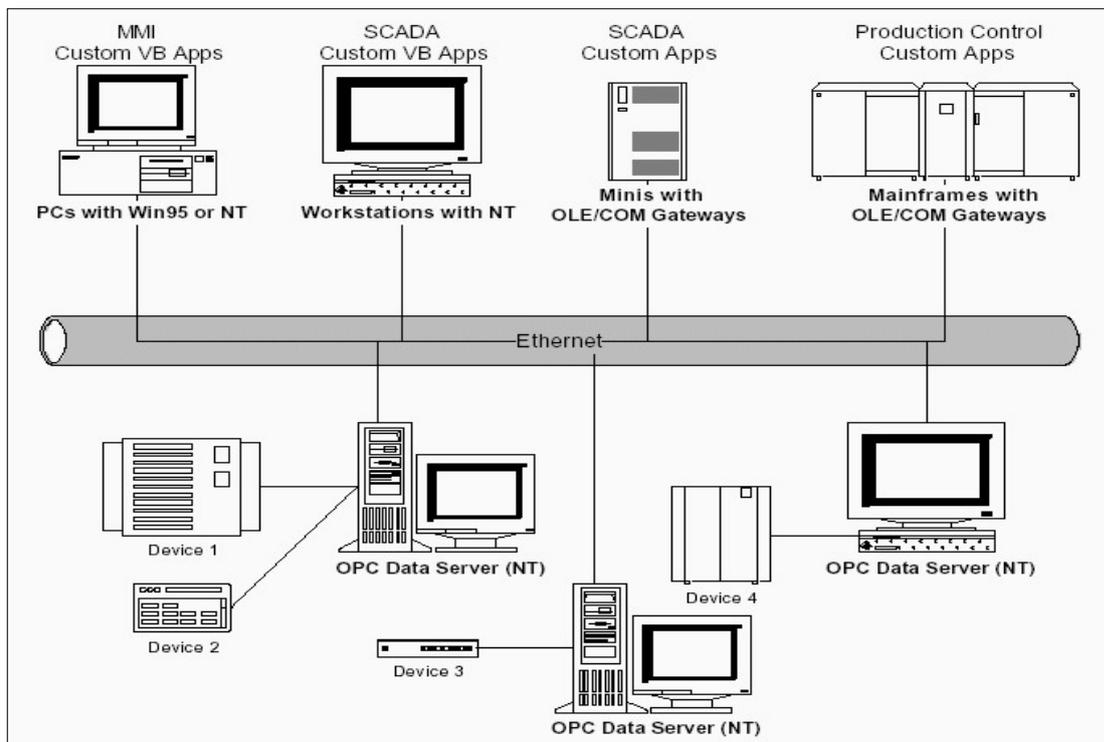
### 2.3.3.1 Ventajas de OPC

(TKNIKA, 2013)"El OPC presenta algunas ventajas las cuales se destacan las siguientes:

- Los diseñadores de hardware tienen que hacer un solo conjunto de componentes de software para que los clientes/slaves los utilicen en sus aplicaciones.
- Los diseñadores de software no tienen que volver a escribir drivers debido a adiciones en un hardware o cambios en características del mismo.
- Los clientes/esclavos tendrán más elecciones con las cuales puedan desarrollar diversos sistemas de aplicación a nivel industrial.

Integrando OPC en un sistema industrial, en un entorno de ordenadores heterogéneo resulta simple, es decir, los resultados pueden ser una arquitectura como la que se ilustra en la Figura 2.8".

**Figura 2. 8** Ambiente Heterogéneo de Sistemas para la Industria



Fuente: <http://www.opcfoundation.org/>

### **2.3.3.2 Posibilidades con el OPC**

#### *2.3.3.2.1 Acceso a datos en tiempo real*

La escritura y la lectura eficiente de datos entre un dispositivo de control de proceso y una estación central se puede realizar de forma eficiente y flexible.

#### *2.3.3.2.2 Control de alarmas*

OPC tiene mecanismos para que los clientes sean notificados de la ocurrencia de sucesos y de situación de alarmas especificadas.

#### *2.3.3.2.3 Acceso a datos históricos*

OPC permite el procesamiento, la lectura, y corrección de datos históricos con un eficaz motor de acceso.

Esta arquitectura OPC se rinden las ventajas de la interfaz COM para ampliar su funcionalidad.

Esta especificación OPC incluye lo siguiente:

1. Interfase DCOM/COM para ser usada por clientes Locales o Remotos.
2. Referencias a la Interface de Automatización OLE.

### **2.3.3.3 Requerimientos de funcionalidad**

(TKNIKA, 2013)"El siguiente listado son las exigencias de funcionalidad:

- OPC es soportado completamente por Visual Basic, VC++,Delphi y .NET.
- Todo cliente que tenga interfaz OLE con ciertas limitaciones.
- No soporta el uso con VBScript o JavaScript.
- OPC es ejecutado en Sistema Operativo Windows 95/98 (con DCOM), Windows NT 4.0, XP windows vista o Superior. Es recomendable instalar la última versión de Services Pack correspondiente."

Con el avance de la tecnología, OPC es una comunicación muy antigua, OPC va logrando bastantes actualizaciones, una de ellas es el de poder visualizar datos

propias de sistemas de automatización mediante dispositivos móviles, también la configuración de módulos arduino UNO como servidores OPC.

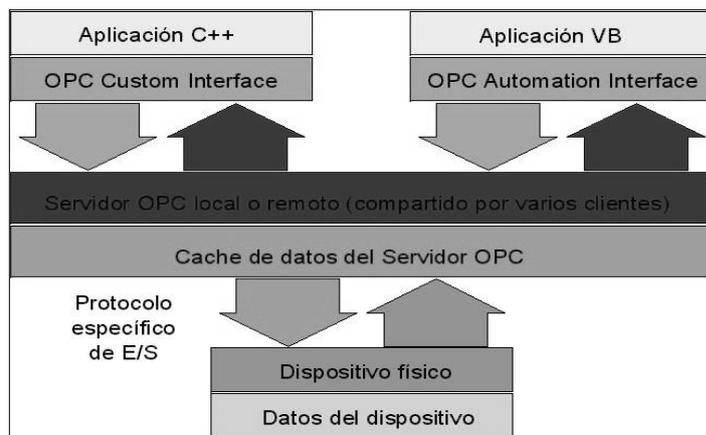
#### 2.3.3.4 Funcionamiento de Opc

Un cliente/esclavo OPC puede enlazarse a servidores OPC de uno o varios vendedores.

Se puede montar un cliente con una interface personalizada, para que se puede usar un lenguaje de alto nivel como Visual Basic.net, pero los clientes más comunes se construyen bajo una interface automatizada que puede ser diseñada en lenguajes como Visual Basic 6.0, Delphi y recientemente .NET gracias a COM-Interop.

La Figura 2.4 representa el funcionamiento del OPC con las interfaces automatizada y personalizada.

**Figura 2. 9** Funcionamiento e Interfaces de OPC

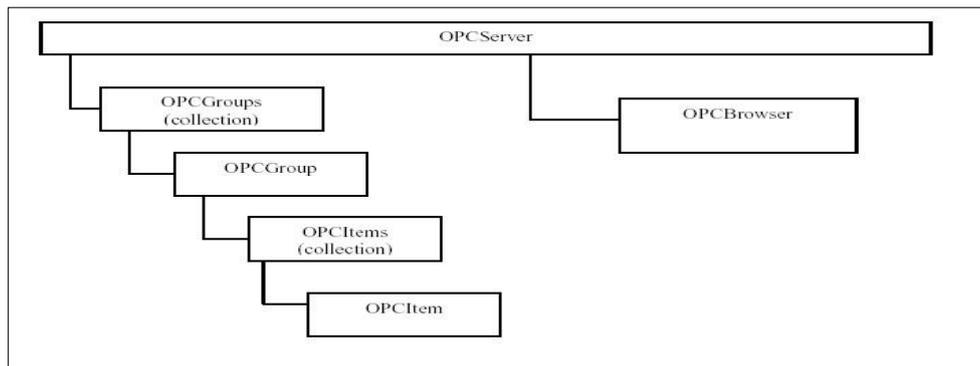


Fuente: <http://www.opcfoundation.org/>

#### 2.3.3.5 Modelo de objetos Opc

El modelo jerárquico de objetos definido por la comunicación OPC se representa en la siguiente figura:

**Figura 2. 10** Modelo de Objetos del Servidor de Automatización OPC



**Fuente:** <http://www.opcfoundation.org/>

(TKNIKA, 2013)"La descripción de cada uno de los objetos del modelo anterior, se presenta en la siguiente tabla 2.1:"

**Tabla 2. 1** Descripción de objetos de la especificación OPC

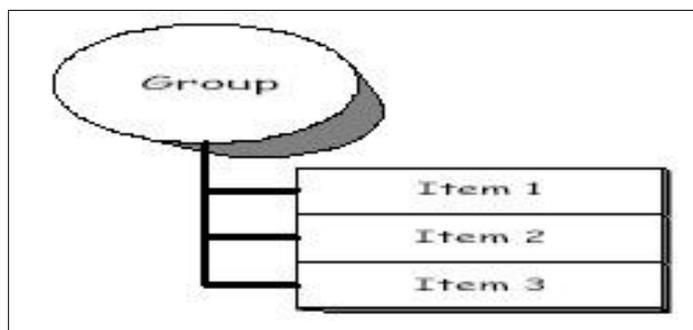
OBJETO	DESCRIPCIÓN
OPCServer	Es una instancia de un servidor OPC. Se debe crear un objeto OPCServer antes de poder referenciar los otros objetos. Este contiene la colección OPCGroups y el objeto OPCBrowser.
OPCGroups	Es una colección de los objetos OPCGroup que el cliente ha creado.
OPCGroup	El propósito de este objeto es mantener la información de estado y proveer el mecanismo para ofrecer los servicios de adquisición de datos por la colección de objetos OPCItem.
OPCItems	Es una colección que contiene todos los objetos OPCItem que el cliente ha creado.
OPCItem	Es un objeto que mantiene la definición de los items, sus valores, estados y datos de la última actualización.
OPCBrowser	Es un objeto que permite buscar nombres de items en un servidor configurado.

**Fuente:** OPC Foundation. Data Access Automation Interface Standard: OPC Automation Server

Object Model. p. 13

(FOUDATION, 2005, p. 3)"Un servidor de acceso a datos OPC está hecho por varios objetos: el servidor, el grupo y el elemento. El servidor de objetos OPC ofrece datos sobre el servidor y aprovecha como un contenedor de grupos de objetos OPC. El grupo de objetos OPC mantiene información acerca de sí mismo y suministra los mecanismos para contener y organizar lógicamente los elementos OPC; los grupos OPC dan una forma para optimizar los datos de los clientes, por ejemplo, el grupo podría representar los dispositivos en una pantalla particular del operario o por medio de un informe"; los datos pueden ser leídos y escritos, y las conexiones formadas en excepciones, pueden ser creadas entre los elementos en el grupo y el cliente, y pueden ser desactivadas y activadas según sea necesario; un cliente OPC puede establecer datos deben ser cambiados antes de la actualización. Hay dos tipos de grupos, públicos y locales (o privados); los públicos se realizan para ser compartidos entre varios clientes, mientras que los locales son privados para el cliente en cuestión. Existen interfaces específicas opcionales para los grupos públicos; dentro de cada grupo, el cliente puede definir uno o más elementos OPC, la siguiente imagen ilustra esta relación:

**Figura 2. 11** Relaciones entre Grupos e Items



**Fuente:** <http://www.opcfoundation.org/>

(LUMA, 2013)"Los componentes OPC constituyen conexiones a fuentes de datos dentro del servidor; un componente OPC, no es accesible por el cliente como un objeto.

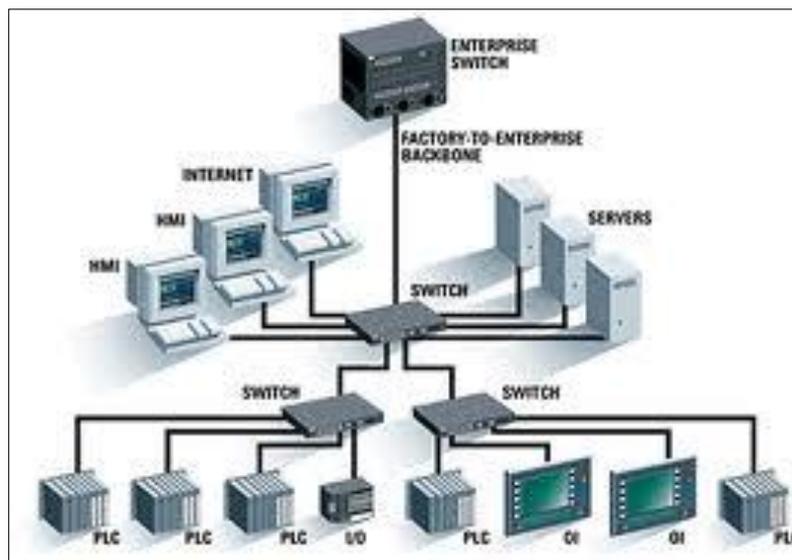
Así de esta forma, no hay una interfaz externa específica para un elemento OPC; todos los accesos al componente OPC se ejecutan a través del objeto grupo OPC que coge el elemento OPC, es decir, el grupo en el que el componente ha sido definido."

(FOUDATION, 2005, p. 4)"Asociado a cada elemento existe un valor, calidad y valor temporal. Los elementos no son las fuentes de datos, sólo son conexiones a ellas; el elemento OPC debe ser entendido como la dirección de los datos, no como la fuente física actual de los datos a los que la dirección referencia", puesto que la fuente real de los datos es el dispositivo controlador, regularmente un PLC.

#### 2.3.4 RED DE CONTROL ETHERNET

(Guerrero, Yuste, & Martinez, 2009, p. 165)"Es una forma de comunicación industrial capaz de transmitir información a distancias muy grandes dentro de la industria, su conexión es de la forma LAN (Local Area Network) y su método de transmisión es mediante un acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, esto quiere decir que si la información que se va enviar por uno de los nodos, el primer nodo que envíe dicha información espera y verifica si algún otro nodo esta transfiriendo información hacia un dispositivo de campo, al no ser así este primer nodo transferirá los datos por la red hacia su destino. Todos los otros nodos podrán saber de esta acción de transferencia de datos y el nodo seleccionado recibirá la información. En caso de conflicto de envió de información al mismo tiempo cada nodo esperará un determinado tiempo antes de volver hacer un envío."

Figura 2. 12 Modelo de comunicación Ethernet



Fuente: <http://saucingalicia.e.telefonica.net/servicios/comunicacionesindustriales/>

### 2.3.5 RED DE CONTROL PROFIBUS

(Guerrero, Yuste, & Martinez, 2009, p. 170)"Este tipo de red de control permite la comunicación entre diferentes dispositivo de campo sin ningún ajuste de sus características como velocidad de transmisión o flujo de datos".

Son utilizados en aplicaciones o procesos industrial con un nivel crítico de operación de alta velocidad con tareas de comunicación complejas, esta red de control es abierto es decir, es independiente del fabricante para que otras marcas o dispositivos de Profibus puedan ser conectado y transmitir información sin ningún problema de compatibilidad. Profibus es el sistema de comunicación industrial más preparado para el futuro.

Figura 2. 13 Modelo Profibus



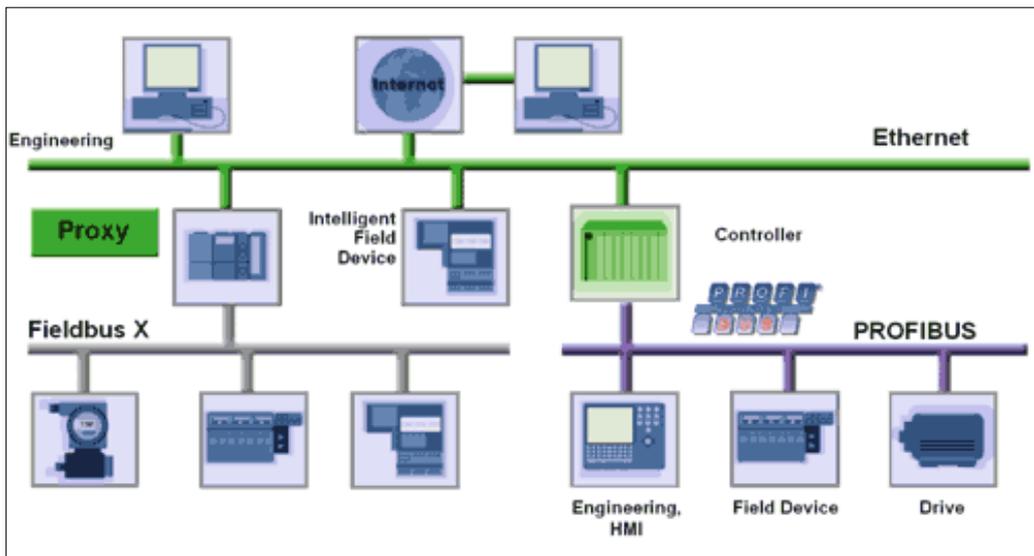
Fuente:

<http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/profibusfuncionamientoteorico.pdf>

### 2.3.6 RED DE CONTROL PROFINET

(Guerrero, Yuste, & Martinez, 2009, p. 173)"La red de control ProfiNet tiene las mismas características del Profibus, pero se agrega la red de control Ethernet, se le asigna una dirección IP a cada dispositivo de campo, y toda la información que circula por el sistema es mediante una red LAN o también a una red mundial WAN para un control efectivo si a largas distancias los dispositivos de campo se encuentren."

Figura 2. 14 Modelo Profinet



Fuente: [http://www.anybus.com/technologies/profinet\\_tech.shtml](http://www.anybus.com/technologies/profinet_tech.shtml)

### 2.3.7 RED DE CONTROL DEVICENET

(Automation, 2013) Utilizando principalmente en la interrogación de controladores industriales y dispositivos de entrada - salida entre sensores actuadores y sistemas de automatización industrial en general, la red de control sigue el modelo producto consumidor, soporta múltiples modos de comunicación y tiene una máxima flexibilidad entre los equipos de campo e interoperabilidad entre diferentes fabricantes con un cableado simple y rentable.

Figura 2. 15 Modelo Device Net



Fuente: <http://network.pyramidsolutions.com/hardware-products/profibus-to>

## 2.4BLUETOOTH

El objetivo del bluetooth es de realizar conexiones inalámbricas domesticas entre dispositivos electrónicos que soporten esta tecnología, de una forma cómoda si cable ni conexiones que incomodan durante la transferencia de información. Comparte y sincroniza esta transmisión de datos que se almacena en múltiples equipos por medio de una radiofrecuencia segura de 2.4 GHz.

Los teléfonos móviles, los ordenadores, las cámaras digitales y dispositivos industriales son algunos de los aparatos que pueden comunicarse por medio de la tecnología Bluetooth siempre que sus modelos se lo permitan.

**Figura 2. 16** BLUETOOTH



**Fuente:** <http://definicion.de/bluetooth/>

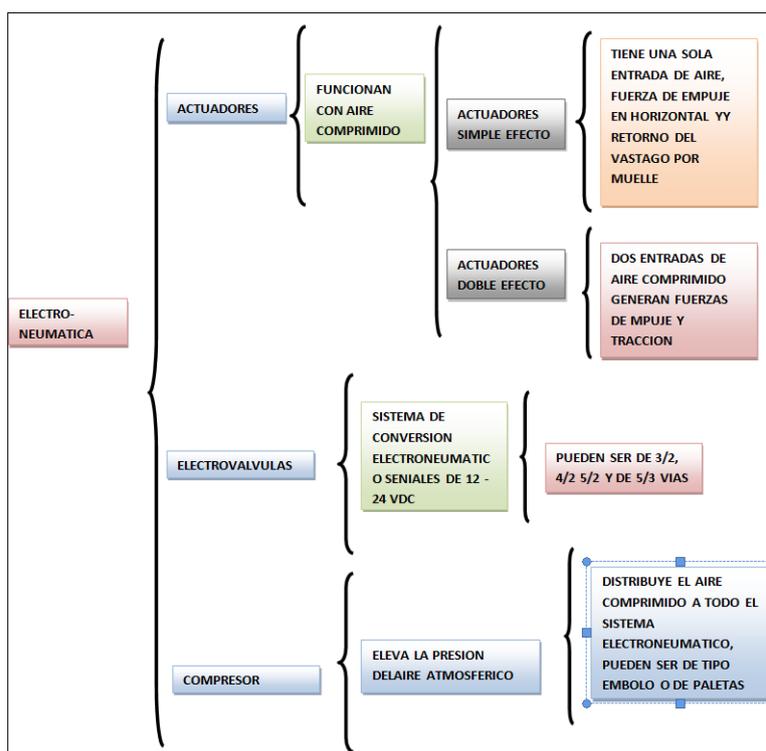
## 2.5ELECTRONEUMATICA

(SMC, 2003, p. 65) "Es la combinación de sistemas eléctricos y neumáticos, los sistemas eléctricos actúan como mando o activación de sistemas neumáticos como electroválvulas, es decir, determinan el paso del aire entre sus vías abriendo y cerrando o cambiando sus direcciones internas hacia los actuadores".

### 2.4.1 COMPONENTES ELECTRONEMUATICOS

El sistema electroneumático tiene actuadores, electroválvulas y compresor (figura 2.18), los actuadores son activados mediante las electroválvulas con una señal de entrada de 12 a 24 VDC, permitiendo el flujo de aire comprimido por medio de tubería que el compreso la distribuye según en la figura 2.17.

**Figura 2. 17** Sistema Electroneumático



Fuente: Propia

**Figura 2. 18** Dispositivos Neumáticos



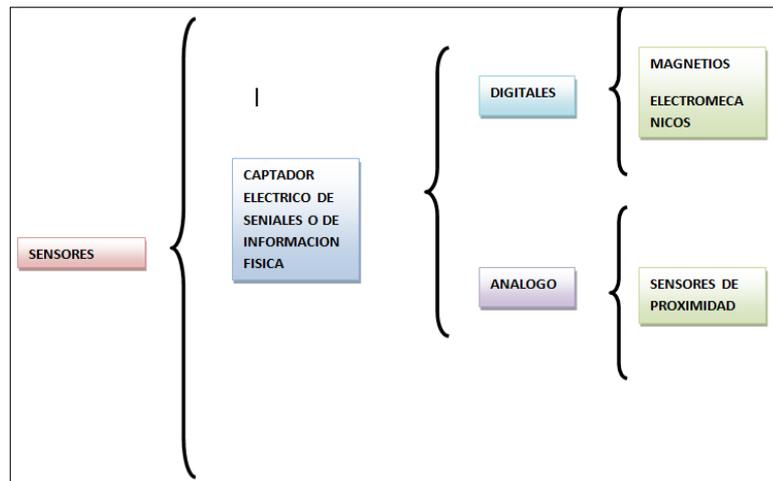
Fuente: [://www.calipre.com/catalogo/catalog.php](http://www.calipre.com/catalogo/catalog.php)

## 2.6 SENSORES

(Sole, 2011, p. 62) "Es un captador eléctrico de señales o de información físicas como temperatura, alturas, presiones contactos ON/OFF (figuras 20 y 21), etc. que se pueda manipular y cuantificar accionados bien mecánicamente o bien por un campo magnético creado por un imán montado en un pistón". Estos dispositivos

pueden ser analógicos o digitales, por medio de la utilización de sensores magnéticos y electromecánicos en aplicaciones neumáticas son sensores de tipo digital y los sensores analógicos como sensores de proximidad, humedad etc. según figura 2.19

**Figura 2. 19** Esquema general Sensores



Fuente: Propia

**Figura 2. 20** Sensor magnético



Fuente: [http://www.epromsa.com/sensores\\_magneticos\\_de\\_seguridad](http://www.epromsa.com/sensores_magneticos_de_seguridad)

**Figura 2. 21** Finales de carrera



Fuente: [http://www.mazcr.com/site/index.php?cPath=119\\_150&language=es](http://www.mazcr.com/site/index.php?cPath=119_150&language=es)

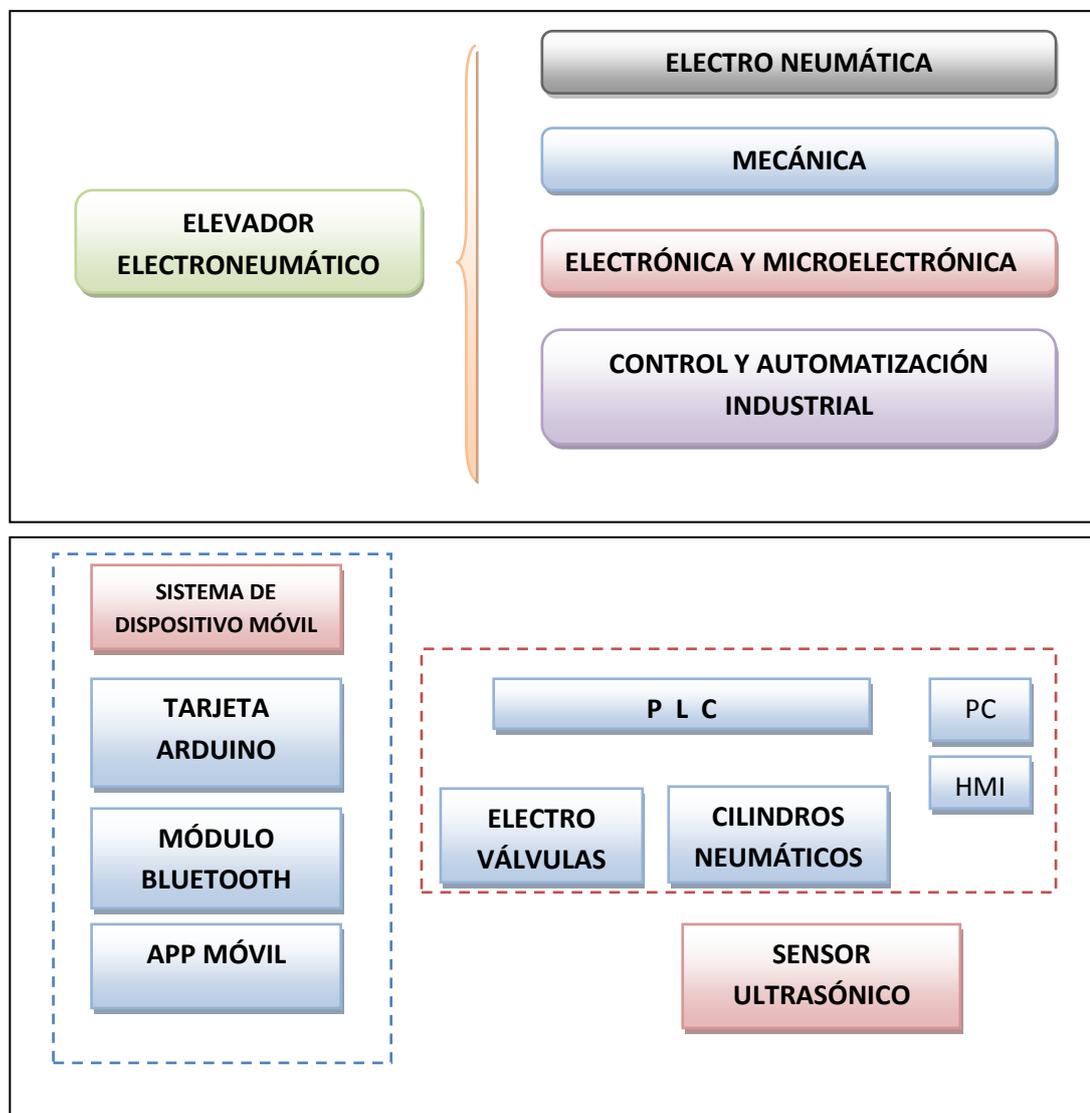
# CAPITULO III

## DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta el diseño del hardware – software del sistema y los componentes necesarios para su construcción, esto cumple con los requerimientos necesarios para diseñar e implementar el elevador electro neumático.

El sistema está compuesto según la figura 3.1 que se indica a continuación:

Figura 3. 1 Esquema general del sistema



Fuente: Propia

### **3.1 ESTRUCTURA MECÁNICA**

Para realizar el análisis de los elementos del elevador se hará uso de un programa de diseño 3D, el cual facilita el proceso de diseño y análisis utilizado en la realización de este proyecto como:

Diseño 3D -> INVENTOR

Análisis Estructural -> INVENTOR SIMULATIONS

Para el diseño de los elementos del elevador se parte desde la base inferior que llevara los cilindros neumáticos, la cual realiza la función de empuje y tracción, facilitando la elevación de la carga.

#### **3.1.1 PROGRAMA DE DISEÑO INVENTOR 3D**

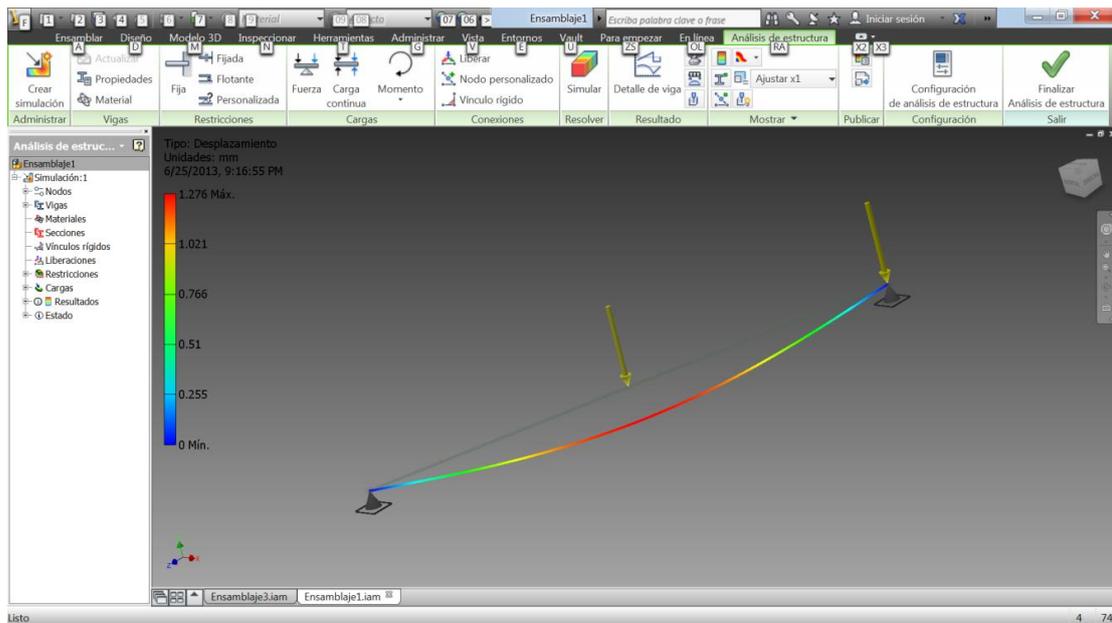
El programa inventor 3D de diseño mecánico utiliza el sistema operativo Windows 7 u 8 a 32-64 bits, programas que mediante bocetos en 2D se basan en figuras geométricas simples como líneas, puntos, arcos y polígonos, con las que se pueden operar a través de una interfaz gráfica amigable para el usuario mediante funciones en 3D se añaden superficies y sólidos, además, modificando características como color, tipo de material, etc. (Budynas & Shingleys, 2006, p. 3) "Inventor permiten diseñar piezas y conjuntos y adquirir de ellos tanto planos como otro tipo de información, simulación dinámica, análisis estructural, fuerzas aplicadas, etc., necesaria para el diseño. Este programa funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistema CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, construyendo virtualmente la pieza o conjunto. Subsiguientemente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realiza de manera automatizada, instantáneo".

#### **3.1.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Una vez realizado el análisis en el simulador, el mismo que utiliza elementos finitos, presenta sus resultados de una forma gráfica mediante una escala de colores para representar los esfuerzos, deformaciones, concentradores de esfuerzos, factor de seguridad, entre los principales, que generalmente van desde

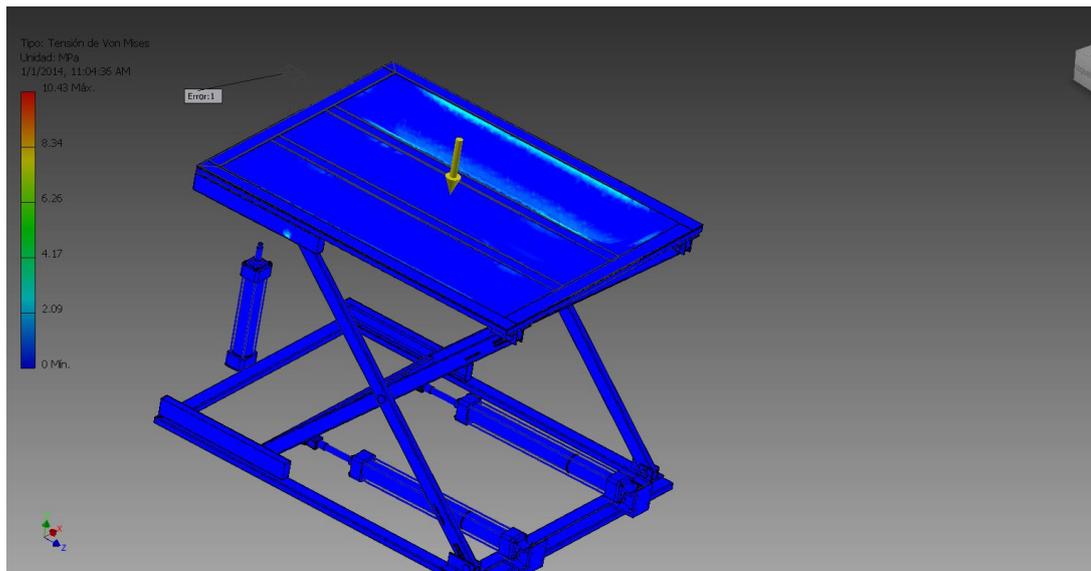
el color azul al rojo, siendo el color azul el de menor escala y el color rojo como el valor máximo. El análisis es visual y muy útil para el diseño mecánico que se esté realizando. Como ejemplos podemos observar en las figuras 3.2 a la 3.5. El análisis del elevador propuesto se realizara progresivamente conforme se va avanzando el diseño.

**Figura 3. 2** Análisis grafica de resultado de un perfil en INVENTOR



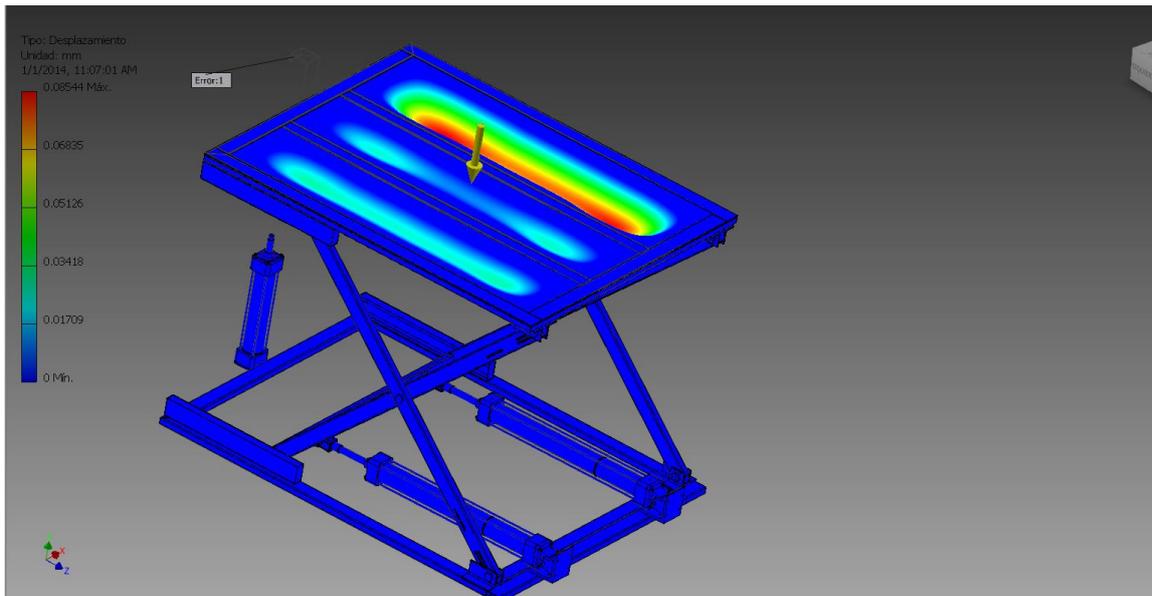
**Fuente Autor**

**Figura 3. 3** Esfuerzo Von Mises Elevador Neumático



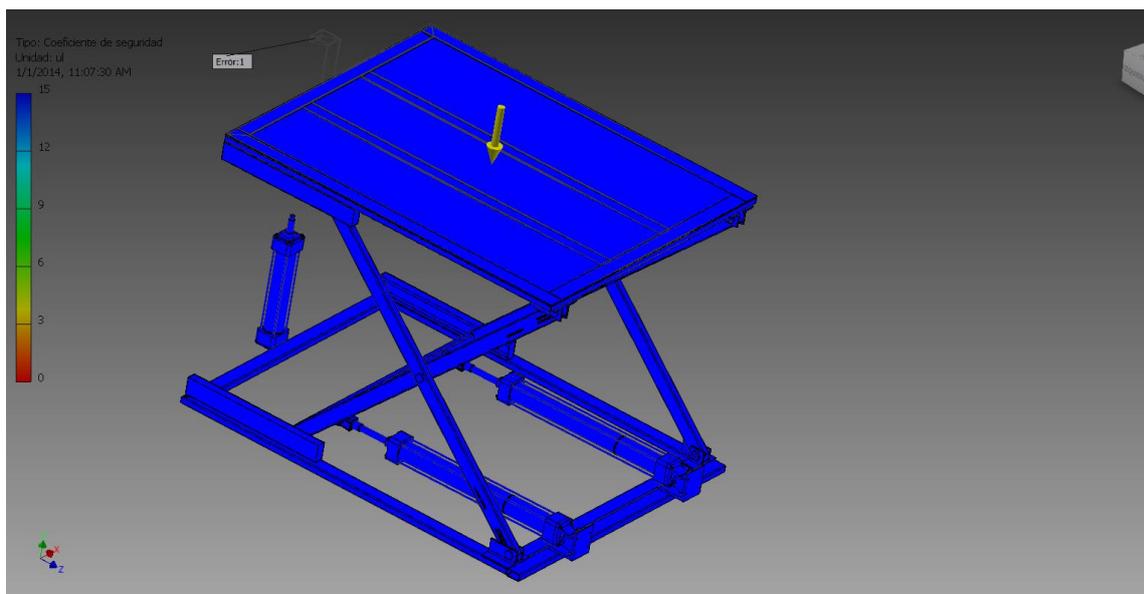
**Fuente: Inventor 2013**

**Figura 3. 4** Desplazamiento Elevador Neumático



Fuente: Inventor 2013

**Figura 3. 5** Factor Seguridad



Fuente: Inventor 2013

### 3.1.3 DETERMINACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD

(Shigley & Mischke, 1996, p. 6)"El factor de diseño y el factor de seguridad son herramientas básicas para el diseño, ambos juegan un papel importante en el dimensionamiento y creación de componentes y sistemas mecánicos, la diferencia entre factor de diseño y factor de seguridad es que el primero es el punto donde

se quiere llegar durante el diseño y el segundo es el factor que se obtiene después de haber terminado el diseño.

$$n_d = \text{factor de diseño} = \frac{\text{limite de fluencia material}}{\text{esfuerzo de diseño}}$$

$$n_s = \text{factor de seguridad} = \frac{\text{limite de fluencia de material}}{\text{esfuerzo real}}$$

Para el análisis de los elementos del elevador el coeficiente de seguridad analizado en el punto donde el esfuerzo es el más alto de acuerdo con el siguiente criterio:"

$$n_s = \frac{\text{Esfuerzo Ultimo}}{\text{Esfuerzo admisible}}$$

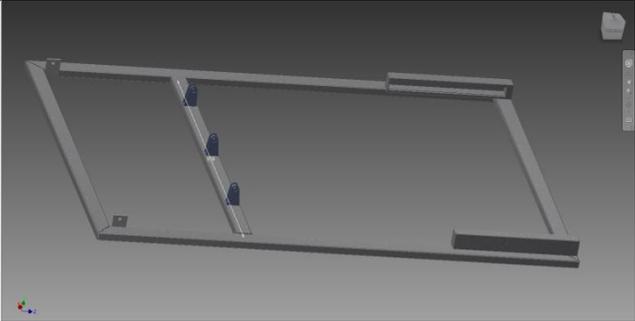
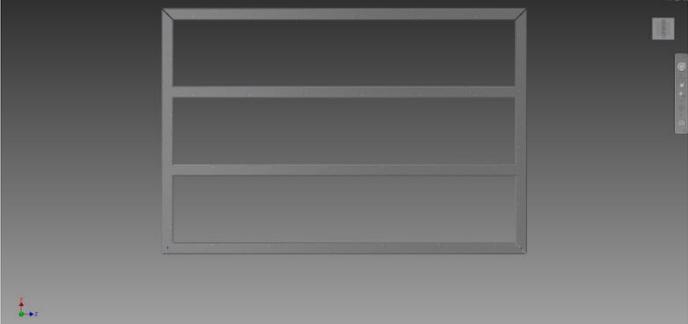
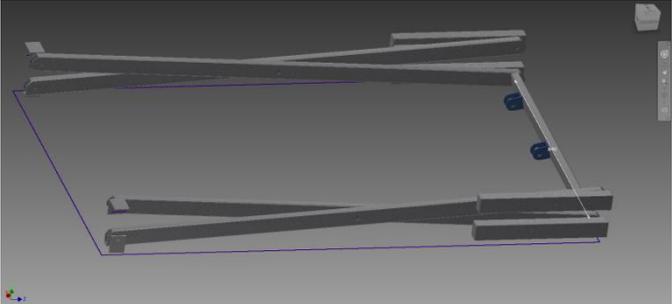
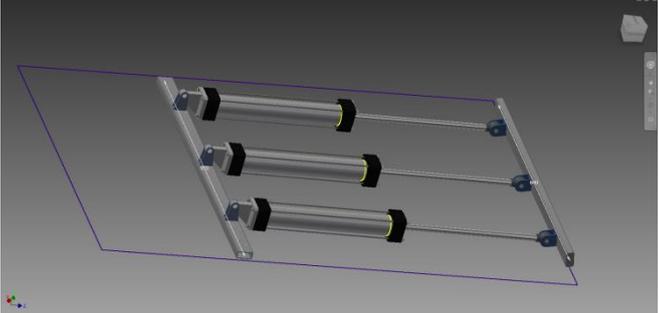
(Mott, 2006, p. 185)"Para el diseño de elementos de maquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño se considerara un factor de seguridad de  $n_s = 2$ ."

Considerando esta recomendación, para el diseño del elevador se utilizará el factor de seguridad indicado.

### **3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PARTES DEL ELEVADOR**

Se utiliza los perfiles rectangulares 25x50x2 milímetros para todo el sistema, las características se muestran en la tabla 3.2. El sistema del elevador electroneumático tiene las siguientes partes para su funcionamiento de elevación en la tabla 3.1, se utiliza cilindros neumáticos que aprovechan el aire comprimido para obtener una fuerza de empuje necesaria para su funcionamiento:

**Tabla 3. 1** Elementos del elevador

ELEMENTO	GRAFICO
<p>BASE INFERIOR Y GUIAS</p> <p><b>Dimensiones Base:</b> 1250 mm de largo y 1000 mm de ancho</p> <p><b>Dimensión Guías,</b> 6 x 2.5 x 500 mm</p>	
<p>BASE SUPERIOR</p> <p><b>Dimensiones Base:</b> 1250 mm de largo y 1000 mm de ancho</p>	
<p>TIJERAS</p> <p><b>Dimensiones:</b> 1250 mm de largo</p>	
<p>CILINDROS NEUMATICOS Y MENSULAS</p> <p><b>Dimensiones:</b> Embolo <math>\Phi 68</math>mm, vástago <math>\Phi 20</math>mm y carrera 500mm</p>	

Fuente: Autor

**Tabla 3. 2** Tabla del tubo estructural rectangular

DIMENSIONES			PESO Kg/m	AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPEJOR mm		AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15

Fuente: DipacManta, Catalogo General Tubería, p 5.

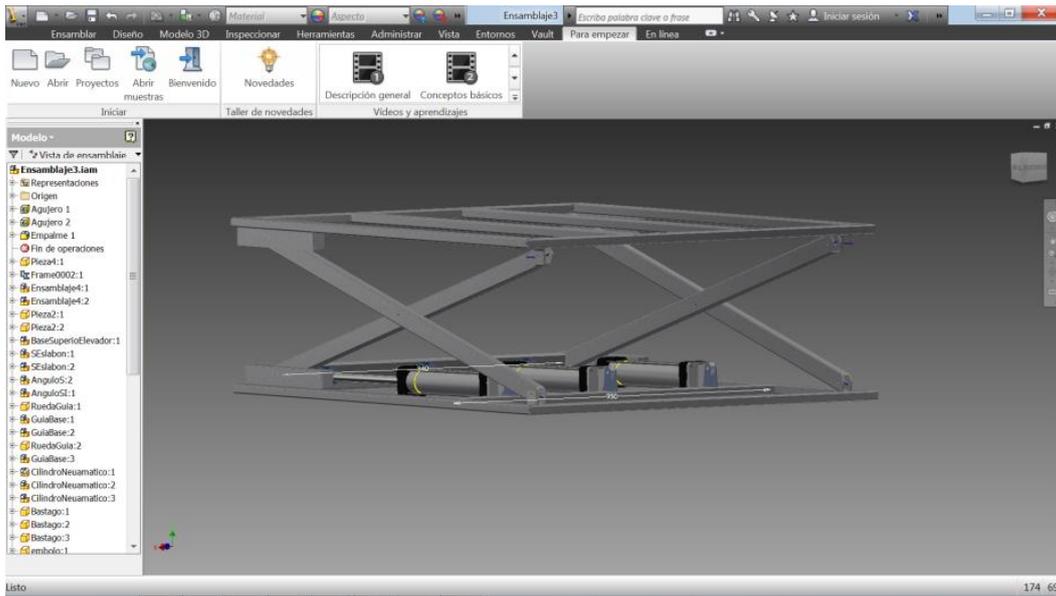
### 3.1.4.1 Cálculo de reacciones del sistema

El cilindro neumático ubicada en la base inferior cumple la función de generar una fuerza a lo largo del eje horizontal, generando así en la estructura del elevador de tipo tijera una fuerza de empuje en el eje vertical.

Obteniendo los datos de reacciones que ejercen en el cilindro, se escoge en tablas los tamaños del embolo y vástago correspondientes indicados en la parte 3.1.2.

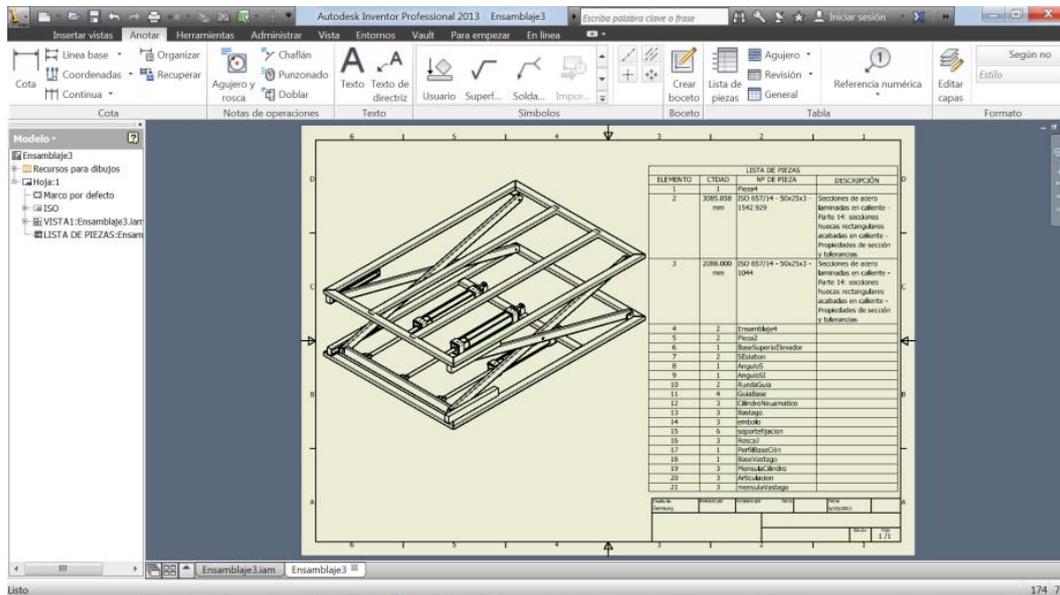
La figura 3.6 muestra un bosquejo del elevador, indicando las uniones y la forma del mismo y las características generales en las tablas 3.4 y 3.5.

**Figura 3. 6 Elevador Neumático en INVENTOR**



Fuente: Autor

**Figura 3. 7 Bosquejo elevador neumático INVENTOR**



Fuente: Autor

**Tabla 3.3** Tabla de reacciones en apoyos y conexiones

Apoyo o conexión	Reacción	Número de incógnitas
 <p>Rodillos o patines Balancín Superficie sin fricción</p>	 <p>Fuerza con línea de acción conocida</p>	1
 <p>Cable corto Ealabón corto</p>	 <p>Fuerza con línea de acción conocida</p>	1
 <p>Collarín sobre una barra sin fricción Perno sin fricción en una ranura lisa</p>	 <p>Fuerza con línea de acción conocida</p>	1
 <p>Perno sin fricción, articulación o bisagra Superficie rugosa</p>	 <p>Fuerza de dirección desconocida</p>	2
 <p>Apoyo fijo</p>	 <p>Fuerza y par</p>	3

Fuente: Beer -Jhonston, Mecánica Vectorial para ingenieros 2007, MacGrawHill, p161

**Tabla 3. 4** Peso de los elementos del elevador

Elementos	Longitud Total	Peso	Total Peso
Base Inferior	5.5 metros	2.25 kg/m	12.375
Base Superior	5 metros	2.25 kg/m	10.85
Tijeras	6 metros	2.25 kg	13.5
<b>PESO TOTAL DEL ELEVADOR</b>			<b>36.7 kg</b>

Fuente: Autor

**Tabla 3. 5** Peso total para elevar

Carga aplicarse	Peso
Base superior	10.85 kg
Cargas	Entre 40 y 80 kg
<b>Total de Peso a elevar</b>	<b>90.85 kg - 882 Newtons</b>

Fuente: Autor

Para calcular la reacción del cilindro neumático se realiza el análisis general de la estructura, teniendo en cuenta el tipo de conexión que se muestra en la tabla 3.3, aplicando momentos en el punto D, considerando que (Beer, Jhonston, & Dewolf, 2004, p. 117) "el momento se considera positivo en ese punto cuando las fuerzas internas y los pares que actúan están en forma horaria, se la representa según la ecuación 3.1 y las reacciones en la ecuación 3.2".

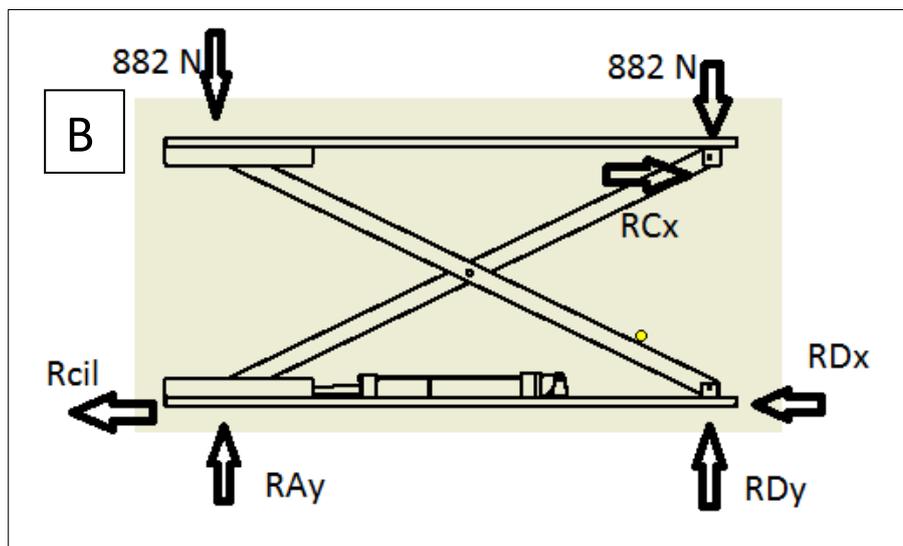
$$+\uparrow \sum M_D = 0 \quad \text{Ecuación 3.1 Sumatoria de Momentos}$$

$$R_{Cx}(912) + 882(1000) - R_{Ay}(1000) = 0$$

$$\sum R_Y = 0 \quad \text{Ecuación 3.2 Sumatoria de Reacciones}$$

Aplicando un ángulo de inclinación  $\alpha=40$  grados, teniendo en cuenta el número de incógnitas, se procede analizar el sistema en base al despiece de la estructura analizando los eslabones AEC y DEB.

Figura 3.8 Estructura general del elevador a 40 grados



Fuente: Autor

### 3.1.4.1.1 Eslabón BED

$$\sum R_Y = 0$$

$$R_{Dy} - E_y = 882$$

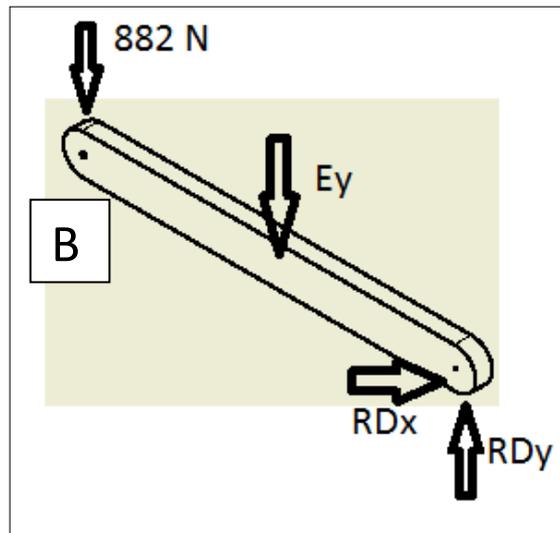
$$\Rightarrow R_{Dy} = 2108.7 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum M_D = 0$$

$$-882(1000) - E_y(719) = 0$$

$$\Rightarrow R_{Ey} = -1226.7 \text{ N}$$

**Figura 3. 9** Eslabón AEC



Fuente Autor

### 3.1.4.1.2 Eslabón AEC

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Dy} + R_{Ey} - 882 = 0$$

$$R_{Ay} + R_{Ey} = 882$$

$$R_{Ay} = 2108.7 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

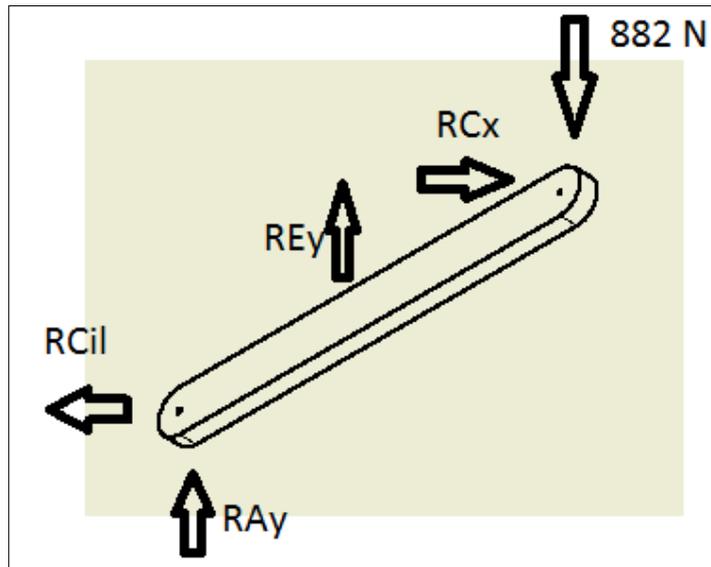
$$R_{Cx} = R_{Cil}$$

$$+\uparrow \sum M_C = 0$$

$$R_{Ay}(1000) - R_{Cil}(912) + R_{Ey}(719) = 0$$

$$\Rightarrow R_{Cil} = 1345.06 \text{ N}$$

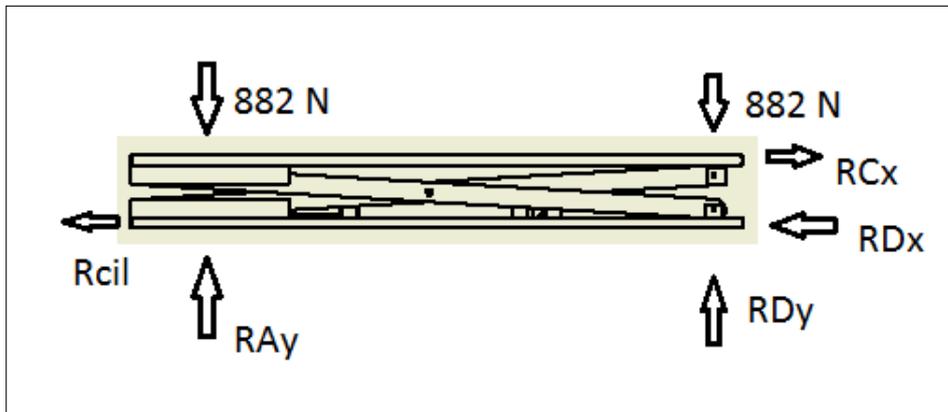
Figura 3. 10 Eslabón DEB



Fuente Autor

El análisis anterior se realizó con un ángulo 40 grados cuando el elevador alcanza su máxima altura de 1 metro, a continuación se detalla cuando el ángulo se aproxima a 8 grados y el elevador alcanza la altura mínima de 0.32 m aproximado (figura 3.11).

Figura 3. 11 Estructura general del elevador a 8 grados



Fuente: Autor

$$+\uparrow \sum M_D = 0$$

$$-R_{Cx}(200) + 882(1440.6) - R_{Ay}(1440.6) = 0$$

$$\Rightarrow R_{Cx} = 143.88 \text{ N} = R_{Ci}$$

### 3.1.4.1.3 Eslabón BED

$$\sum R_Y = 0$$

$$R_{Dy} - E_y = 882$$

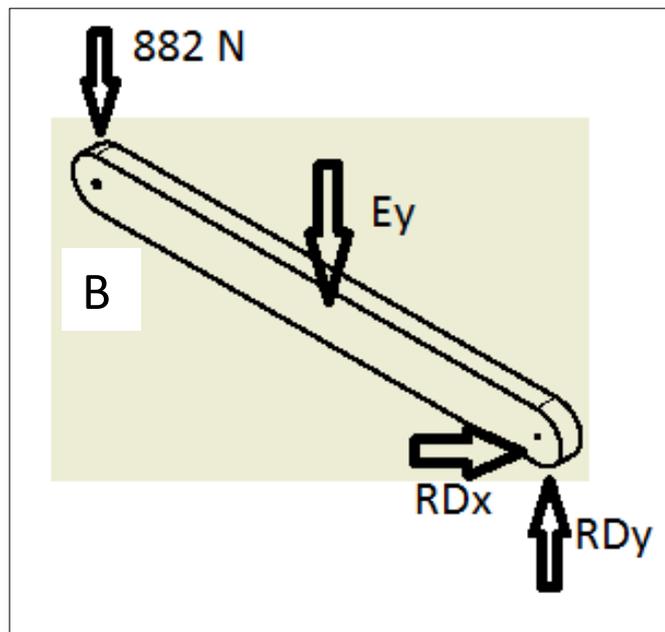
$$\Rightarrow R_{Dy} = -882 \text{ N}$$

$$+\uparrow \sum M_D = 0$$

$$882(1440.68) + E_Y(720.3) = 0$$

$$\Rightarrow R_{Ey} = -1764 \text{ N}$$

**Figura 3. 12** Eslabón BED a 8 grados de elevación



**Fuente:** Autor

### 3.1.4.1.4 Método trabajo virtual

(Beer & Jhonston, 2007, p. 243) "El trabajo realizado por una fuerza durante su desplazamiento de su punto de aplicación o por un par durante una rotación se puede determinar utilizando las ecuaciones respectivas:

$$dU = F ds \cos \alpha$$

$$dU = M d\theta$$

este principio se puede enunciar: si un sistema de cuerpo rígido unidos está en equilibrio, el trabajo virtual total de las fuerzas externas aplicada al sistema es siempre 0 para cualquier desplazamiento virtual que experimenta el sistema.

$$\Rightarrow dU = 0$$

$$F_{cil}d_{AP} - (W)d_{AB} = 0 \quad \text{Ecuación 3. 3 Trabajo Virtual}$$

Donde:

$dU$ =Trabajo virtual del sistema

$F_{cil}$ = Fuerza del cilindro neumático

$d_{AP}$ =Diferencial desplazamiento del vástago del cilindro

$W$ =Peso = 883 N

$d_{AB}$ =Diferencial desplazamiento elevación con respecto a  $W$ "

Entonces:

$$\sin(\alpha) = \frac{AB}{l}$$

$$AB = l \sin(\alpha)$$

$$d_{AB} = l \cos(\alpha) d\alpha$$

Las ecuaciones antes descritas determinan el trabajo virtual que realiza la carga durante la elevación del mismo, así de este modo encontramos la parte del diferencial del desplazamiento vertical.

Teniendo en cuenta que:

$$\cos(\alpha) = \frac{d_{AP}}{l}$$

$$d_{AP} = l \cos(\alpha)$$

El trabajo virtual es el siguiente:

$$F_{cil} * d(l \cos(\alpha)) - W(l \cos(\alpha) d\alpha) = 0$$

$$-F_{Cil} * (l \sin(\alpha)d\alpha) - W(l \cos(\alpha) d\alpha) = 0$$

$$-F_{Cil} * (l \sin(\alpha)d\alpha) = W(l \cos(\alpha) d\alpha)$$

$$F_{Cil} = -883 \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}$$

Analizando para diferentes ángulos, se ha llegado a determinar que el valor crítico corresponde a  $\alpha=40$  grados, obteniendo así el valor de la fuerza:

$$F_{Cil} = -883 \frac{\cos(40)}{\sin(40)}$$

$$\Rightarrow F_{Cil} = 1345.6 \text{ N}$$

**Tabla 3. 6** Cálculo de reacciones aproximados en INVENTOR

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	216.93 N	53.0828 N	3.5843 N m	-2.47291 N m
		210.316 N		1.39884 N m
		2.81626 N		2.18522 N m
Restricción fija:2	275.678 N	-51.3668 N	3.05333 N m	-1.48415 N m
		270.78 N		-1.2688 N m
		6.15346 N		-2.3474 N m
Restricción de pasador:1	204.975 N	-1.78803 N	2.08511 N m	0.282045 N m
		204.603 N		0.0202033 N m
		-12.2078 N		-2.06585 N m
Restricción fija:3	196.389 N	0 N	2.2338 N m	1.45722 N m
		196.36 N		1.04597 N m
		3.37523 N		1.33127 N m

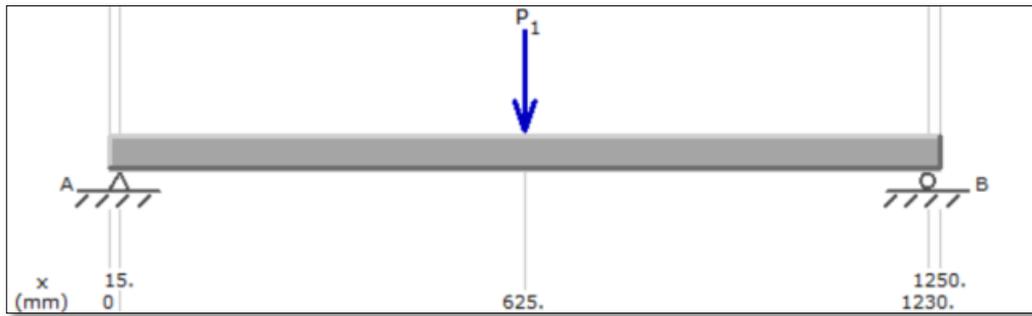
**Fuente:** INVENTOR 2013

### 3.1.4.2 Dimensionamiento de base superior

La base superior es donde más llega a deformarse (figura 3.4) porque es donde la carga se va a colocar encima para elevar, de tal motivo se realiza el análisis desde esta parte, ya encontrando las dimensiones necesarias para el sistema serán las mismas para el resto de eslabones que lo conforman.

Los perfiles anteriormente descritos son tubos de perfil rectangular de 25x50x2 mm, además sus dimensiones se encuentra en la tabla 3.3

**Figura 3. 13** Perfil de la base superior



Fuente: MDSolid

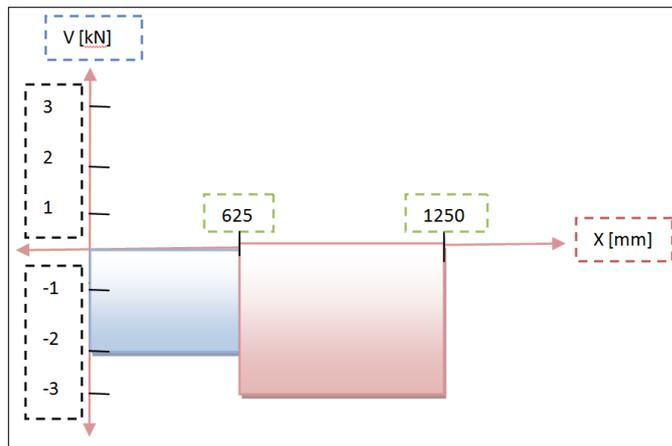
Las reacciones ya calculadas mediante los métodos de trabajo virtual y de sumatoria de reacciones, se toman en cuenta en este punto siendo:

$$R_{Ay} = R_{By} = 2.108 \text{ kN}$$

$$R_{Dy} = R_{Cy} = 882 \text{ N}$$

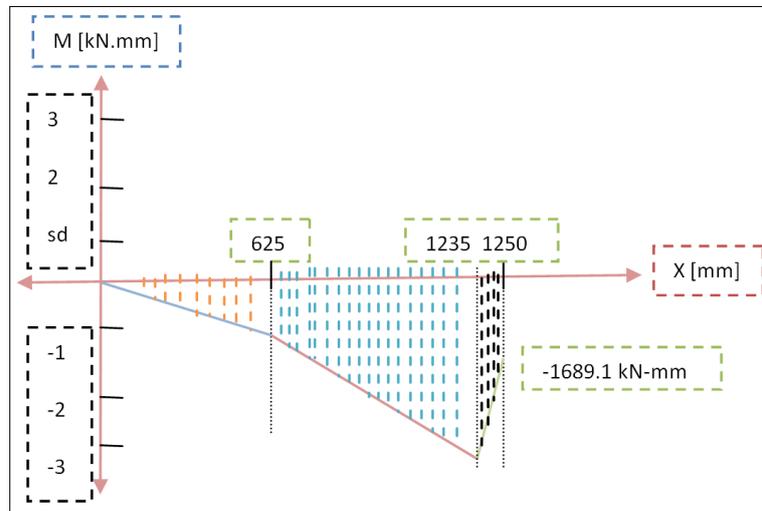
Teniendo en cuenta estos datos se realiza los diagramas de cortes y momentos respectivos para el análisis siguiente del sistema, estos diagramas se presentan en la figura 3.14 y 3.13.

**Figura 3. 14** Diagrama Cortes y Momentos



Fuente Autor

**Figura 3. 15** Diagrama Cortes y Momentos



Fuente Autor

La barra DC está en flexión, (Beer, Jhonston, & Dewolf, 2004, p. 217)"obteniendo el módulo de la sección y asumiendo un perfil de sección rectangular se aplica las siguientes ecuaciones; ecuación 3.4 ecuación 3.5 y ecuación 3.6 para poder encontrar las medidas del tubo rectangular".

$$S = t \frac{h^2}{6} \quad \text{Ecuación 3. 4 Módulo de sección}$$

$$\text{Sea } h = 2t$$

$$\text{entonces } S = \frac{2t^3}{3}$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{3S}{2}} \quad \text{Ecuación 3. 5 Despeje de la Ecuación 3.4}$$

Donde ;

S -> Módulo de sección

t -> ancho del perfil

h -> altura del perfil rectangular

$$\delta_d = \frac{M}{S} \quad \text{Ecuación 3. 6 Esfuerzo con respecto al módulo de sección}$$

Donde ;

$\delta_d$  -> Esfuerzo máximo

S -> Modulo Sección

M -> Momento Máximo 1689 KN-mm = 14950 lb-in

Para encontrar las medidas del perfil es necesario obtener la resistencia a la fluencia, para un material de ACERO AST-A500 ( $S_y$ ) es de 269 MPa - 39015.1413 PSI estas propiedades se indican en la tabla de propiedades mecánicas anexo 4.

Entonces:

$$\delta_d = \frac{S_y}{N} \text{ Ecuación 3. 7 Esfuerzo de diseño}$$

Donde:

$\delta_d$  -> esfuerzo diseño

$S_y$  -> resistencia a la fluencia= 39015.1413 PSI

N -> Factor de seguridad=2

$$\delta_d = \frac{39015.1413 \frac{lb}{in^2}}{2}$$

$$\Rightarrow \delta_d = 19507.57 \frac{lb}{in^2}$$

$$\delta_d = \frac{M}{S}$$

$$S = \frac{M}{\delta_d}$$

$$S = \frac{14950 \text{ lb in}}{19507.57 \frac{lb}{in^2}}$$

$$\Rightarrow S = 0.76 \text{ in}^3$$

Entonces de la ecuación antes descrita sobre la sección, de la ecuación 3.5, reemplazamos los valores obtenidos para encontrar el ancho del perfil rectangular, siendo entonces:

$$t^3 = 1.14 \text{ in}^3$$

$$t = 1.04 \text{ in} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

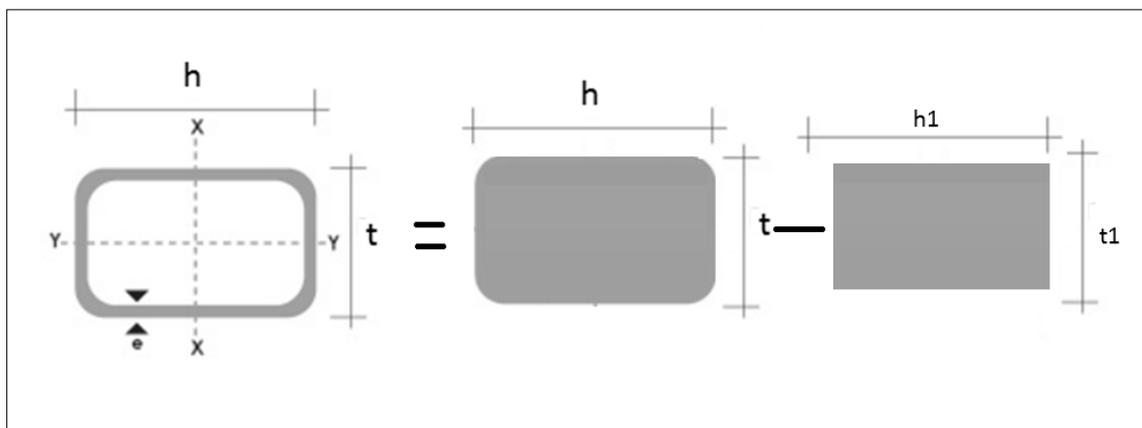
$$h = 2.08 \text{ in} \rightarrow 50 \text{ mm}$$

Existe en el mercado ecuatoriano las medidas de 50 X 25 mm tal y como se indica en la tabla 3.2.

### 3.1.4.3 Análisis del perfil hueco rectangular

Se asumió un perfil rectangular de medidas 25 x 50 mm, entonces a continuación se analiza con un perfil hueco asumiendo un espesor de 2 mm por motivo de que sea liviano, a su vez resistente y que se pueda encontrar con facilidad en el mercado para la construcción de maquinaria ecuatoriana, tomando en cuenta el momento de inercia que se muestra en la figura 3.15.

**Figura 3. 16** Representación grafica del momento de inercia Total



**Fuente :** Autor

#### 3.1.4.3.1 Momento de inercia y esfuerzo del perfil cuadrado hueco

(Beer, Jhonston, & Dewolf, 2004, p. 222)"Considerando la sección transversal del tubo rectangular como la diferencia de los dos rectángulos como se muestra en la figura 3.15 y reemplazando en la formula tenemos:"

$$I = \frac{1}{12} [(t)(h)^3 - (t_1)(h_1)^3] \text{ Ecuación 3. 8 Momento Inercia rectángulo}$$

Donde:

I -> Momento de inercia

t -> ancho del perfil rectangular externo 25 mm

h -> largo del perfil rectangular externo 50 mm

t1 -> ancho del perfil rectangular interno 21 mm

h1 -> largo del perfil rectangular interno 46 mm

Las medidas del perfil interno son las medidas obtenidas en el catálogo, según las medidas indicadas anteriormente, lo que nos permite calcular el momento de inercia.

$$I = \frac{1}{12} [(25)(50)^3 - (2.1)(4.6)^3]$$

$$I = 90 \text{ mm}^4 \rightarrow 0.2162 \text{ in}^4$$

Ahora podemos encontrar el esfuerzo normal que se origina con respecto al momento de inercia, puesto que el esfuerzo normal debe ser menor al esfuerzo de fluencia del material que es de 269 Mpa según tabla de propiedades mecánicas anexo 4, el tubo permanece en el rango elástico de 5% al 12% menores a este se consideran frágiles.

$$\sigma_{normal} = \frac{Mc}{I} ; c = \frac{1}{2} t \text{ Ecuación 3. 9 Esfuerzo Normal}$$

Donde:

$\sigma$  normal ->esfuerzo normal

M -> Momento máx.

c -> punto medio con relación a t

I -> momento de inercia.

Entonces:

$$\sigma_{normal} = \frac{(14950 \text{ lb in}) \left(\frac{1}{2} * 0.98425 \text{ in}\right)}{0.216 \text{ in}^4}$$
$$\sigma_{normal} = 34061.429 \text{ PSI} \rightarrow 234.8 \text{ MPa}$$

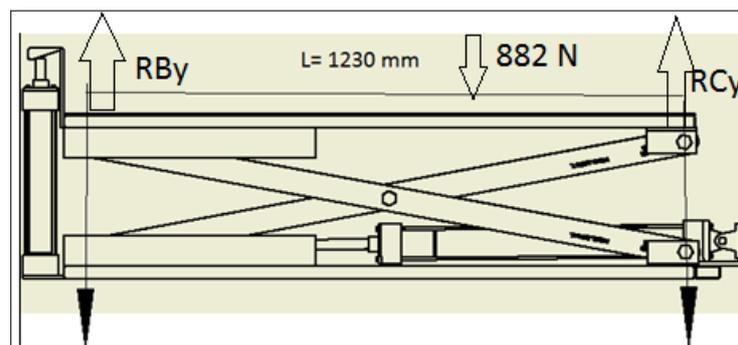
El esfuerzo de 234.8 MPa es menor al esfuerzo de fluencia del material seleccionado de 269 Mpa, entonces se encuentra en el rango elástico del material considerando que no habrá deformaciones permanentes.

### 3.1.4.3.2 Deflexión del perfil como índice de rigidez

La deflexión del sistema se analiza en dos formas: 1) en altura mínima ,es decir, cuando los vástagos se encuentran en posición final de su recorrido a una altura de 28 cm con respecto a la base, y 2) cuando el elevador se encuentra en altura máxima, esto quiere decir cuando los vástagos de los cilindros se encuentran en posición inicial de recorrido a una altura de 1m con respecto a la base. En ambos casos la carga soportante será la de diseño 90kg.

#### 1)Deflexión en altura Mínima

**Figura 3. 17** Elevador en su mínima altura 0.28 m



**Fuente:** Autor

Para el análisis de deflexión se considera como una viga apoyada en los dos extremos, de longitud  $L= 1230 \text{ mm}$ , donde se asienta la carga.

La carga equivalente es de 882 N según figura 3.17, el elevador se encuentra en posición inicial como se muestra la figura 3.16. Considerando que la sección de la

viga es un perfil rectangular y hueco se aplica la ecuación 3.10, misma que permitirá calcular su deflexión según las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

$$y = \frac{FL^3}{48EI} \quad \text{Ecuación 3. 10 Deflexión}$$

Donde:

F -> 882 N - 198.2 lb carga máxima a elevar

L -> 73 cm -> 28.7 in distancia entre soportes

E ->  $30 \times 10^6$  psi módulo de elasticidad del acero

I ->  $9 \text{ cm}^4$  -  $0.21 \text{ in}^4$  Momento de inercia de la sección transversal

Entonces:

$$y = \frac{198.2 \text{ lb} (48.4 \text{ in})^3}{48 \left( 30 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right) (0.21 \text{ in}^2)}$$
$$y = \mathbf{0.0743 \text{ in}}$$

"La deflexión se considera una deformación permisible cuando la relación deflexión máxima con respecto a la longitud de la viga se encuentra en el intervalo 0.0005 a 0.003 in/in" (Mott,2006,p.35).

$$\frac{y}{L} = \frac{0.0743 \text{ in}}{48.3 \text{ in}} = \mathbf{0.0015}$$

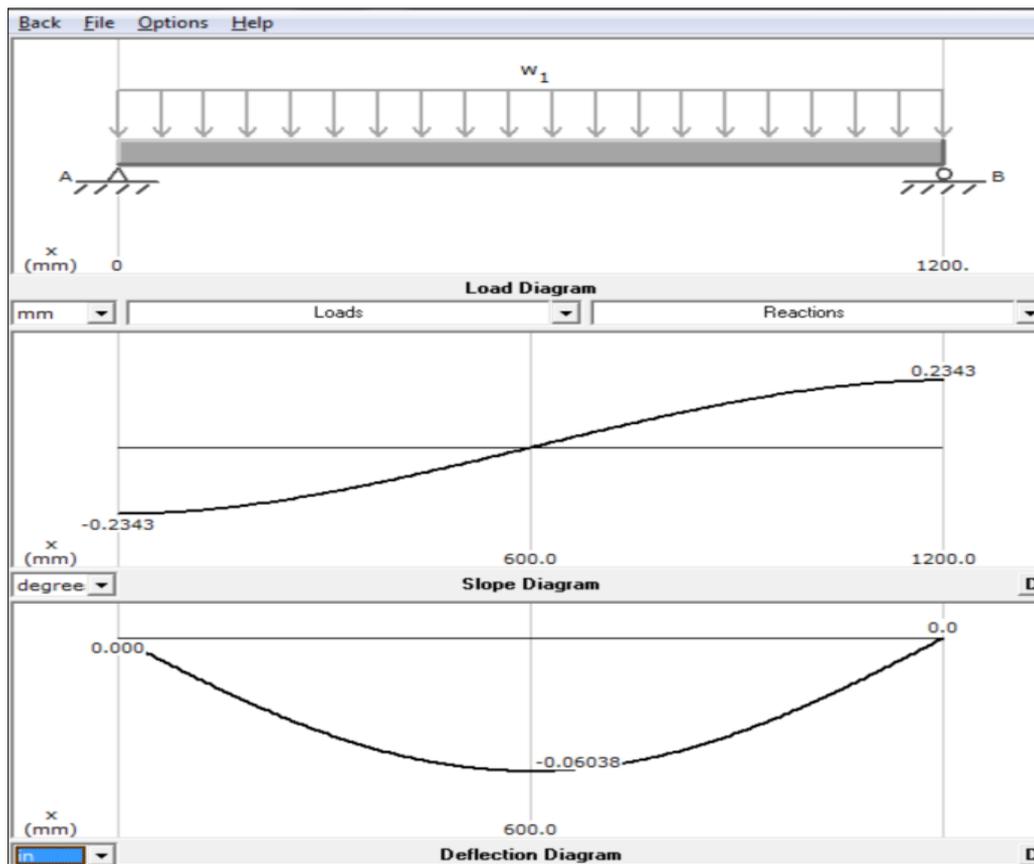
El valor determinado para nuestras condiciones se encuentra en dicho intervalo,  $0.0005 \leq 0.0015 \leq 0.003$ , esto significa que el perfil seleccionado cumple con esta condición, garantizando así la confiabilidad por deformación y según se indico anteriormente también cumple con respecto a rigidez.

En la figura 3.17 se observa el análisis en deflexión del perfil con respecto a la carga de 882 N en el programa MDSolid, se considera como W1 una carga

distribuida a lo largo del perfil con un valor de  $882\text{N} \times 1.2\text{m} = 1058.4 \text{ N}\cdot\text{m}$ , en el diagrama de deflexión da un valor máximo de  $y = 1.534 \text{ mm}$  o  $0.06038 \text{ in}$ .

La diferencia obtenida entre el valor calculada se debe a los datos de ingreso con respecto a la constante del modulo de elasticidad y el momento de inercia de la sección que para nuestro caso utilizamos datos del fabricante.

**Figura 3. 18** Análisis del perfil en deflexión



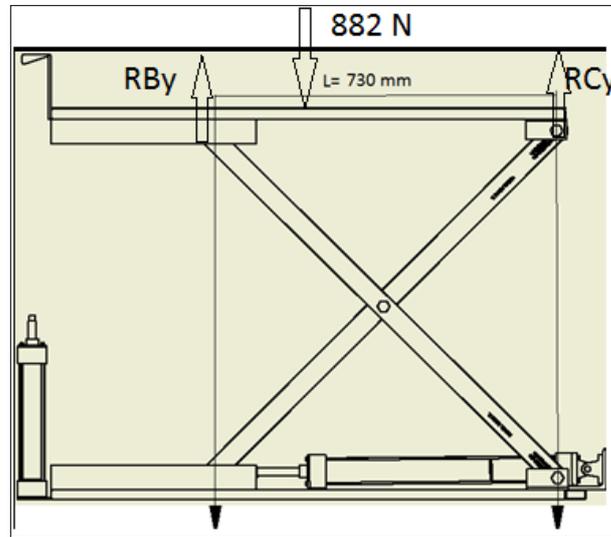
Fuente MDsolid

## 2) Análisis Deflexión a altura Máxima

Para determinar la deflexión de la viga en altura máxima el apoyo C permanece fijo mientras que el apoyo B es móvil hasta su recorrido que es de 500 mm en dirección al apoyo C.

Para esto se considera la distancia de los apoyos que es de  $L = 730 \text{ mm}$  como se observa la figura 3.18.

**Figura 3. 19** Altura máxima Levador

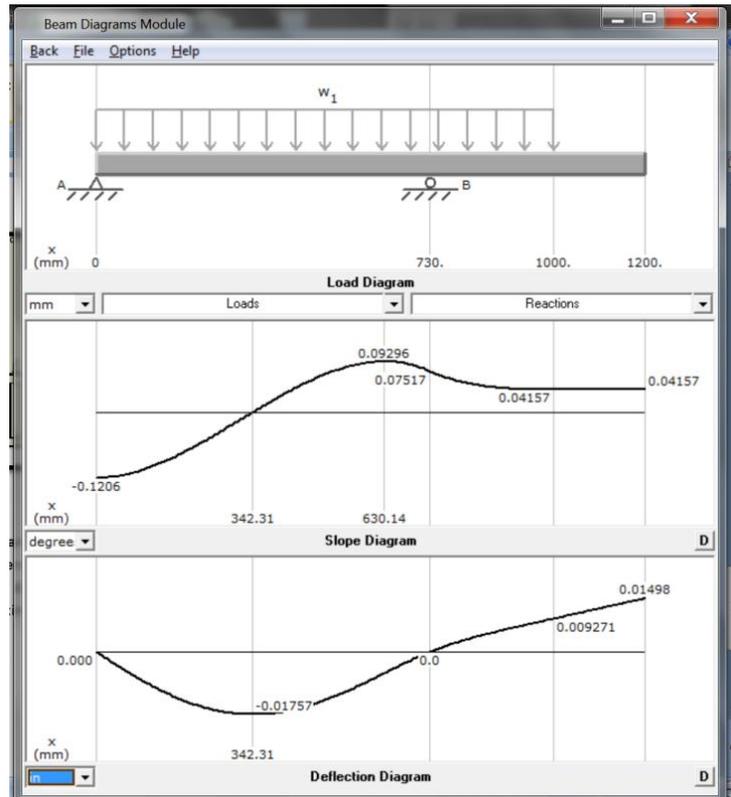


**Fuente:** Autor

En la figura 3.19 muestra el análisis en deflexión del perfil con respecto a la carga de 882 N en el programa MDSolid, se considera como W1 una carga distribuida a lo largo del perfil con un valor de  $882\text{N} \times 1.2\text{m} = 1058.4 \text{ N}\cdot\text{m}$ , en el diagrama de deflexión da un valor máximo de  $y_0 = 0.445 \text{ mm}$  o  $0.0175 \text{ in}$  entre soportes, después del soporte móvil que se encuentra en voladizo tiene un valor de  $y_1 = 0.38 \text{ mm}$  o  $0.0149 \text{ in}$ .

Estos valores se encuentran en el rango establecido anteriormente, garantizando así condiciones de rigidez y deformación en la estructura.

**Figura 3. 20** Deflexión en altura máxima

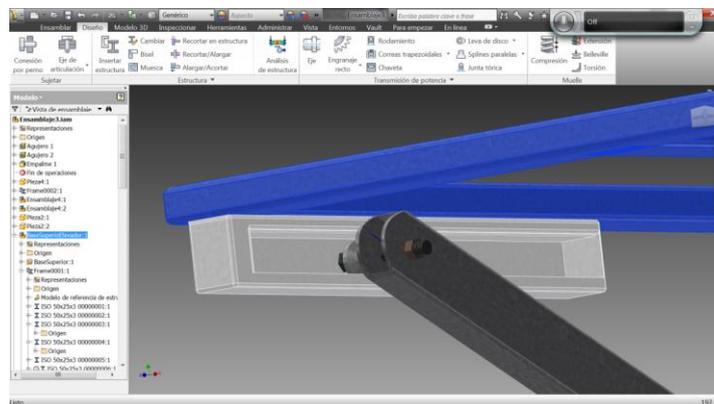


Fuente Autor

### 3.1.4.4 Diseño del perfil canal

El canal de guía es ensamblado tal y como se muestra en la figura 3.20, representa la movilidad en conjunto del sistema en forma vertical, soldado debajo de la base superior.

**Figura 3. 21** Diseño canal de guía en CAD



Fuente: Autor

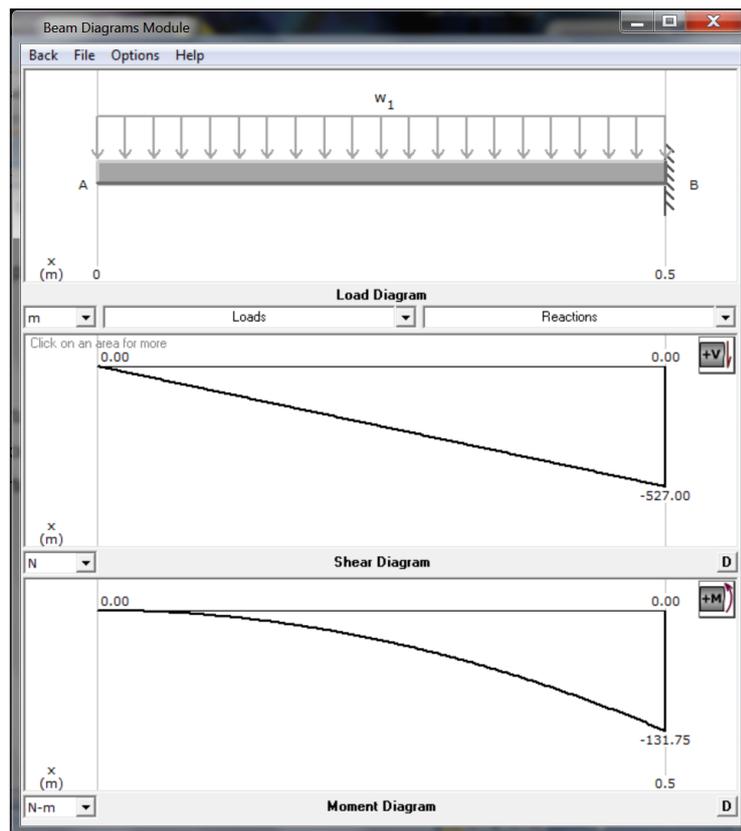
Para el diseño del canal se tomó en cuenta el lugar donde va a estar el rodamiento, que es la parte importante cuando va ascender o descender el sistema, considerando la reacción calculada en la sección 3.1.4.1.2 en el punto B que es de 2108 N, para el análisis se considera una carga distribuida a lo largo del canal ya que esta va a estar soldada, teniendo así :

$$W_1 = 2108 \cdot (500) [\text{N/mm}],$$

entonces  $W_1 = 1054 \text{ N/m}$

Colocando este dato  $W_1$  en el simulador MDSolid se obtiene entonces los diagramas de cortes y momentos, con un momento máximo absoluto de 131.75 N/m que se indica en la figura 3.21.

**Figura 3. 22** Diagramas de cortes y momentos del canal



Fuente MDSolids

Luego aplicando el cálculo de la sección (ecuación 3.6) teniendo en cuenta los datos encontrados anteriormente en el simulador y en la sección 3.1.4.2 que son:  $M = 131.75 \text{ N}\cdot\text{m}$ ,  $1166.08 \text{ lb}\cdot\text{in}$ , y el esfuerzo es de  $22475 \text{ lb}/\text{in}^2$ :

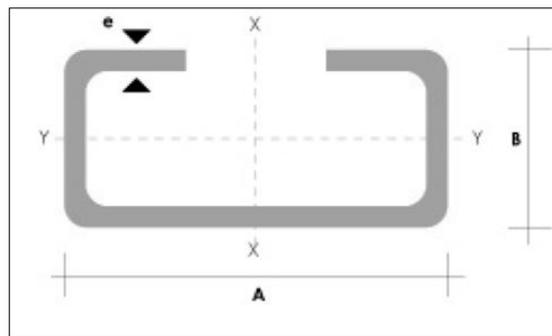
$$S_{canal} = \frac{M}{\delta_d}$$

$$S_{canal} = \frac{1166.08 \text{ lb} \cdot \text{in}}{22475 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}$$

$$S_{canal} = 0.05183 \text{ in}^3 \rightarrow 0.85022 \text{ cm}^3$$

Se escoge un canal de medidas  $60 \times 30 \times 10 \text{ mm}$ , con un espesor  $1.5 \text{ mm}$ , con  $1.53 \text{ kg/m}$  que se indica en la figura 3.22, y como la sección antes encontrada es de  $0.85 \text{ cm}^3$  se le aproxima a una sección de  $1.25 \text{ cm}^3$  según indica la tabla de correas del anexo 5.

**Figura 3. 23** Medidas del canal guía

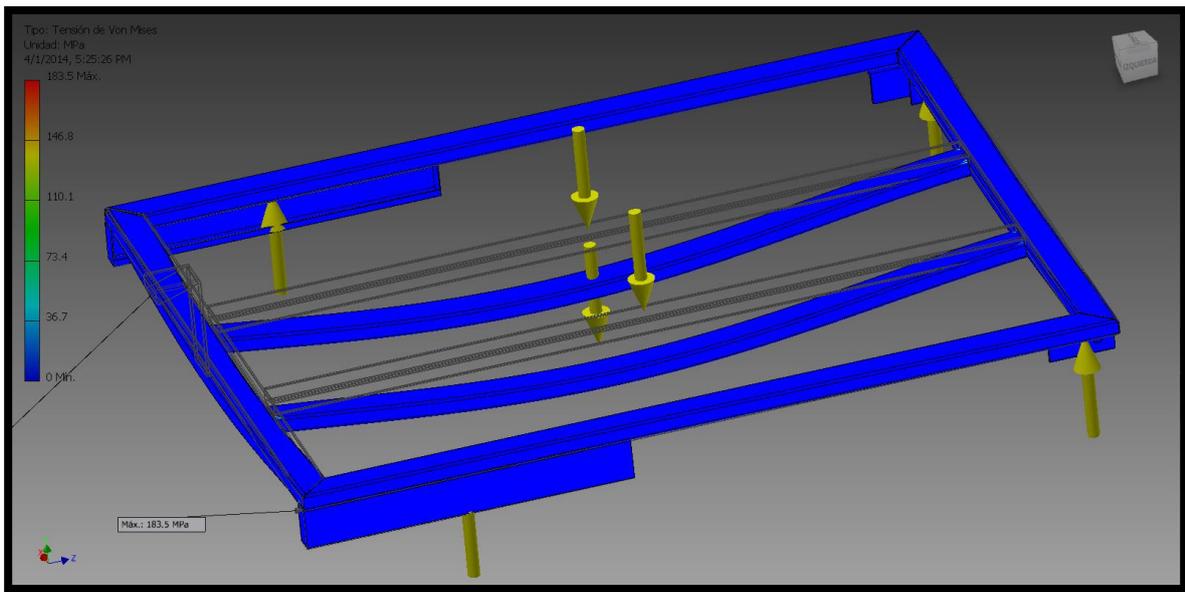


**Fuente** Catalogo Manual de perfiles DipacMAnta

En el programa INVENTOR 2013 se define una carga de  $882 \text{ N}$  en la base superior, las restricciones de fijación en reacciones, rodillos y la gravedad, posteriormente se los analiza según figura 3.23.

Se observa el punto del esfuerzo máximo en la estructura, el mismo que es de  $183.5 \text{ MPa}$ , este valor aproximado es menor al esfuerzo de fluencia de  $269 \text{ MPa}$  del material la cual indica que el sistema se encuentra en el rango elástico antes mencionado en la sección 3.1.4.3.1

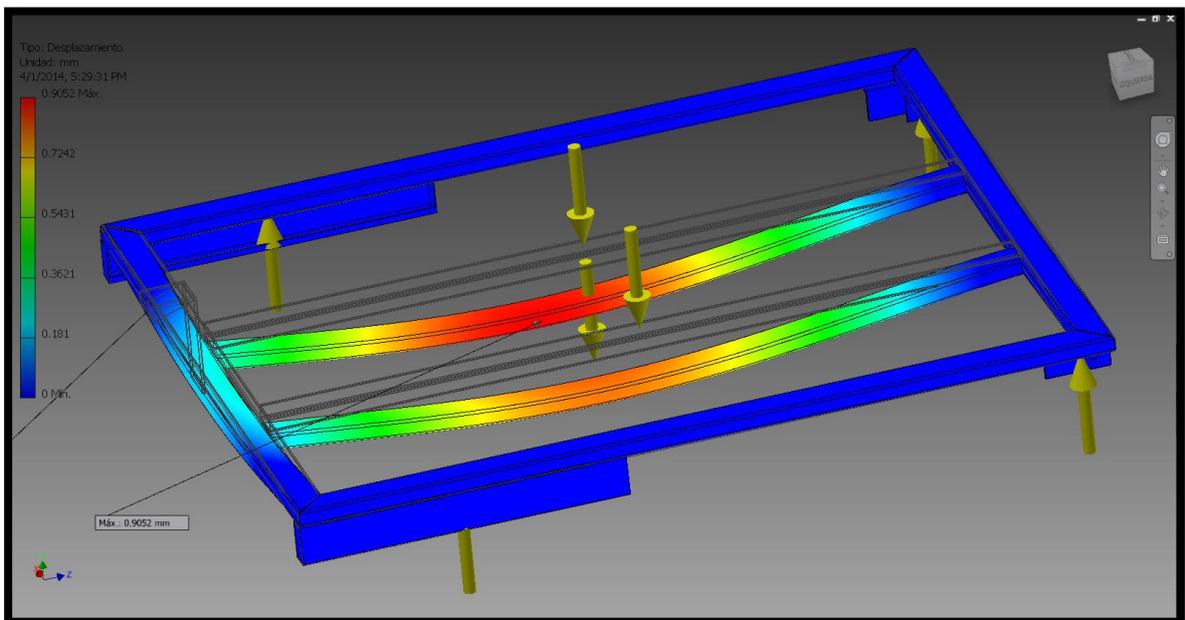
**Figura 3. 24** Deformación Tensión de VONMISES



**Fuente:** Inventor 2013

En la mayor deformación dimensional se produce así mismo en la base superior siendo apenas de 0.905 mm, 0.0356 in, (Figura 3.24) al momento de elevar la carga de 882N.

**Figura 3. 25** Desplazamiento en base superior

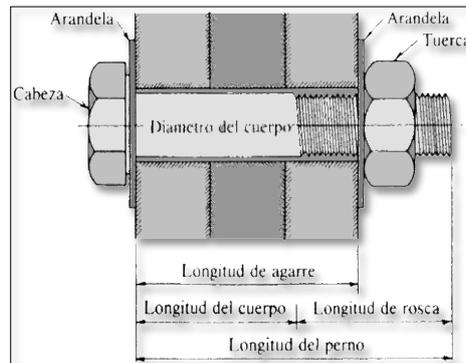


**Fuente:** Inventor 2013

### 3.1.4.5 Diseño de pasadores en el sistema

Para el pasador se utiliza los pernos SAE de grado 8, las propiedades se pueden observar en la tabla del anexo 4 de. En la figura 3.26 se indica en detalle la articulación que conforma los pasadores y las barras del sistema.

**Figura 3. 26** Esquema de posición de los pasadores en el sistema



**Fuente:** <http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/americanab/08-conexionesApernadas/8-3.html>

Para el diseño "Se determinan las relaciones entre los esfuerzos medio y alternativo (ecuaciones 3.11 - 3.14) en función de las cargas aplicadas y el área de la sección transversal del perfil" (Mott, 2006, p. 195), teniendo en cuenta la carga máxima y la mínima, 80 kg a 10kg, respectivamente (ver tabla 3.4).

$$F_m = \frac{(F_{max} + F_{min})}{2} \quad \text{Ecuación 3. 11 Fuerza media}$$

$$F_a = \frac{(F_{max} - F_{min})}{2} \quad \text{Ecuación 3. 12 Fuerza Alternativa}$$

$$T_m = \frac{F_m}{2A} \quad \text{Ecuación 3. 13 Esfuerzo media}$$

$$T_a = \frac{F_a}{2A} \quad \text{Ecuación 3. 14 Esfuerzo Alternativo}$$

Donde:

F<sub>m</sub> -> Fuerza media

F<sub>a</sub> -> Fuerza alternativa.

F<sub>max</sub> -> Fuerza máxima carga real de 80kg con REy es 1226.7N (sección 3.1.4.1)

F<sub>min</sub> -> Fuerza mínima carga de 10.8 kg solo peso de la base 196.1N

Tm -> Esfuerzo Medio

Ta -> Esfuerzo alternativo

Reemplazando los valores en las ecuaciones 3.11 y 3.12 tenemos:

$$F_m = -711.4 N \rightarrow -159.93 lb$$

$$F_a = -515.3 N \rightarrow -115.84 lb$$

Según tabla de acero de carbono aleado templado y revenido para pernos SAE de grado 8 (Tabla pernos Anexo 4) se tiene:

Sy -> Resistencia a la fluencia 120 ksi -> 827.4 MPa

Su -> Resistencia Ultima a la tensión 150 ksi -> 1034.2 MPa

Sn -> 52 ksi resistencia a la fatiga

Para encontrar la resistencia en cortante se utiliza (Mott, 2006, p. 196) " la ecuación 3.15 ya que se originan esfuerzos fluctuantes en los pasadores cuando la carga es aplicada y se mueve varias veces".

$$S_{su} = 0.75S_u \text{ Ecuación 3. 15 Resistencia al cortante}$$

Donde:

Ssu -> Valor de resistencia

$$S_{su} = 0.75(150 \text{ ksi})$$

$$\Rightarrow S_{su} = 112.5 \text{ ksi} \rightarrow 112500 \text{ PSI}$$

**Tabla 3. 7** Factores de confiabilidad

Factores de confiabilidad aproximados $C_R$	
Confiabilidad deseada $C_R$	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

**Fuente:** Mott R, Diseño de elementos de máquinas pag. 175

**Tabla 3. 8** Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para $D$ en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859-0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para $D$ en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859-0.000837D$

**Fuente:** Mott R, Diseño de elementos de máquinas pag. 175

Se desea que el agujero del pasador sea mínima, entonces  $C_s = 1$  (según tabla 3.7 y 3.8), teniendo un rango  $D \leq 0.3$  in o 7.62 mm.

$$S'_n = C_R(S_n) \text{ Ecuación 3. 16 Resistencia de fatiga}$$

Donde:

$C_R$  -> constante de confiabilidad. 0.75 (Tabla 3.7)

$C_s$  -> factor tipo esfuerzo 1.00 (tabla 3.8)

Remplazando los valores a la ecuación 3.16 tenemos:

$$S'_n = (0.75)52ksi$$

$$S'_n = 39 ksi \rightarrow 39000 PSI$$

Por último encontramos la resistencia de fatiga en cortante según la ecuación 3.17.

$$S'_{sn} = 0.577(S'_n) \text{ Ecuación 3. 17 Resistencia de fatiga en cortante}$$

Entonces:

$$S'_{sn} = 0.577(39000 PSI)$$

$$\Rightarrow S'_{sn} = 22503 PSI$$

Utilizando la ecuación de Goodman en forma de esfuerzos cortantes tenemos:

$$\frac{1}{N} = \frac{T_m}{S_{su}} + \frac{K_t T_a}{S'_{sn}} \quad \text{Ecuación 3. 18 Ecuación de Goodman}$$

kt -> constante 1.00 pasador uniforme

Reemplazando los valores de fuerzas medias y alternativas la ecuación 3.18 queda entonces:

$$\frac{1}{N} = \frac{F_m}{2AS_{su}} + \frac{F_a}{2AS'_{sn}}; N = 2$$

$$A = \frac{N}{2} \left( \frac{F_m}{S_{su}} + \frac{F_a}{S'_{sn}} \right)$$

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

Entonces:

$$A = \frac{2}{2} \left( \frac{159.93 \text{ lb}}{112500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} + \frac{115.84 \text{ lb}}{22503 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} \right)$$

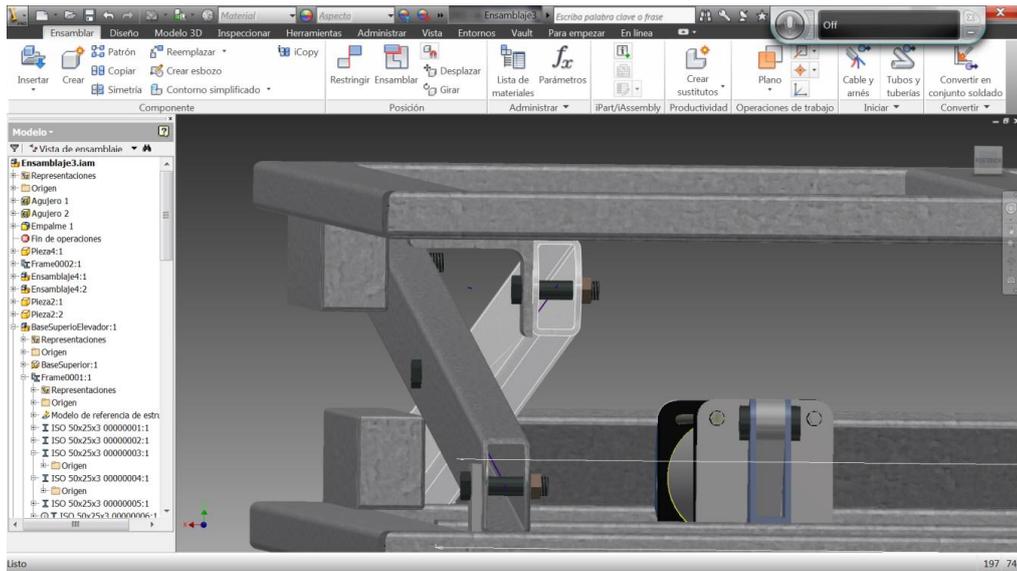
$$\Rightarrow A = 0.013 \text{ in}^2$$

$$\Rightarrow D = 0.128 \text{ in}$$

D es el diámetro mínimo necesario para los pasadores, existen otras condiciones como el esfuerzo al empuje y desgaste en las superficies en contacto, por lo que se escoge un diámetro mayor D= 0.5 in o 13 mm, el mismo diámetro para el resto de pasadores a los extremos de los perfiles de tijera .

En la figura 3.27 indica las sujeciones entre las barras y las articulaciones del sistema de elevación.

**Figura 3. 27** Pasadores en el sistema elevador Inventor



**Fuente** Inventor 2013.

### 3.1.4.6 Diseño eje del rodamiento

Para el diseño del eje del rodamiento se escoge el material 705, en la tabla 3.23 muestra sus características.

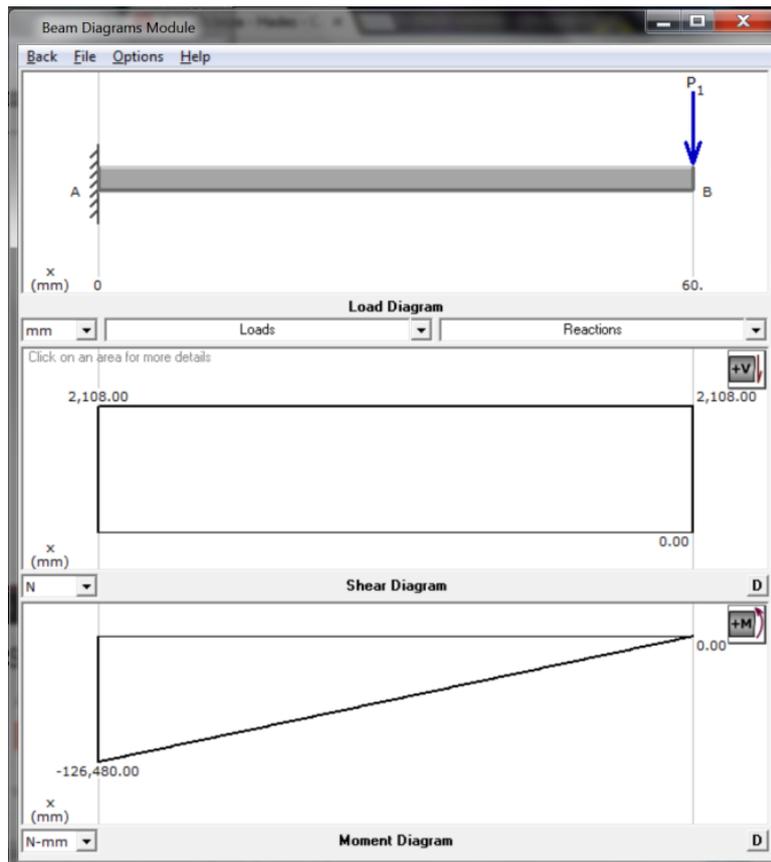
**Tabla 3. 9** Propiedades mecánicas del Acero 705

PROPIEDADES MECÁNICAS EN CONDICIÓN DE SUMINISTRO	
Resistencia a la Tracción	90-110kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cedencia	70kg/mm <sup>2</sup>
Resistencia al impacto,kU	aprox.20 J
Elongación, A5	min 12%
Reducción de área,Z	min 45%
Dureza	270-330HB

**Fuente** Catalogo IBCA de aceros pág. 1

Se considera para el diseño del eje el diámetro de la sección teniendo en cuenta que  $S_y = 70 \text{ kg/mm}^2$  o 99.6 kpsi,  $S_u = 90-110 \text{ kg / mm}^2$  o 128 kpsi (tabla 3.9). La siguiente figura 3.26 indica diagramas de cortes y momentos que ejercen en el eje considerando la reacción  $P_1 = R_{By}$  de 2108 N encontrada anteriormente:

**Figura 3. 28** Diagrama de cortes y momentos



Fuente MDsolid

Entonces:

$$P1 = R_{By} = 2108 \text{ N}$$

$$M1 = 12480.00 \text{ N mm} \rightarrow 1119.44 \text{ lb-in Momento ejercido en el eje}$$

(Mott, 2006, p. 205)"En el sistema existe flexión y cortante por torsión la cual se aplican el método del par torsional equivalente, para realizar el análisis se utilizó las ecuaciones 3.19 al 3.23". El momento inicial que genera la reacción (ver figura 3.28)  $R_{Ey} = 1227 \text{ N}$  con respecto al Punto RD donde se sitúa el eje del rodamiento:

$$T_0 = R_{Ey}(625 \text{ Cos}40) \text{ Ecuación 3. 19 Momento Inicial}$$

$$T_0 = 587.31 \text{ kN mm}$$

$$\Rightarrow T_0 = 5198.2 \text{ lb - in}$$

Entonces el esfuerzo cortante en la barra se define como:

$$T_e = \sqrt{M^2 + T_0^2} \quad \text{Ecuación 3. 20 Par Torsional Equivalente}$$

$$T_e = \sqrt{(1119.44)^2 + (5198.2)^2}$$

$$\Rightarrow T_e = 5317.36 \text{ lb} - \text{in}$$

Por concentración de esfuerzo se calcula la falla por esfuerzo cortante entonces:

$$T = 0.5 \frac{S_y}{N} \quad \text{Ecuación 3. 21 Falla por esfuerzo cortante}$$

$$T = 0.5 \frac{99 \text{ kpsi}}{2}$$

$$\Rightarrow T = 24890 \text{ PSI}$$

La sección polar es el siguiente paso ya que es el único termino relacionado con la geometría del área transversal aplicando de la siguiente forma:

$$Z_p = \frac{T_e}{T} \quad \text{Ecuación 3. 22 Modulo Sección Polar}$$

$$\Rightarrow Z_p = \frac{5317.36 \text{ lb} - \text{in}}{24890 \text{ psi}} = 0.2136 \text{ in}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16Z_p}{\pi}}; D = \sqrt[3]{\frac{16(0.2136 \text{ in}^3)}{\pi}}$$

$$D = 1.028 \text{ in} \rightarrow 2.5 \text{ cm}$$

Se selecciona el eje de 2.5 cm de diámetro con un material de acero 705 para luego seleccionar el rodamiento tomando en cuenta también el peso que soportaría y su fácil acceso en el mercado ecuatoriano.

### 3.1.4.7 Selección del rodamiento

Utilizando el diámetro D=2.5 cm del eje se eligió el rodamiento 6205 por sus características encontradas en el manual SKF, siendo ideal para el trabajo al que está sometido. Las características importantes en este tipo de rodamientos es, resistencia al polvo, bajo costo y fácil de encontrar en el mercado, y con relación a las cargas que soporta es apto para el trabajo sometido que se indica en la tabla 3.10

**Tabla 3. 10** Especificaciones técnicas rodamiento SKF 6205

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Velocidades nominales		Designación
d	D	B	dinámica C	estática C <sub>0</sub>	Velocidad de referencia	Límite de velocidad	* rodamiento SKF Explorer
mm			kN		rpm		-
25	52	15	14,8	7,8	28000	18000	6205 *

Factores de cálculo  
 $k_r$  0,025  
 $f_p$  14

**Fuente:**

[http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/viewers/productTableViewer.jsp?&lang=es&tableName=1\\_1\\_1&presentationType=3&startnum=14](http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/viewers/productTableViewer.jsp?&lang=es&tableName=1_1_1&presentationType=3&startnum=14)

Como los rodamientos serán sometidos a carga radial entonces la siguiente formula relaciona la carga radial mínima (Ecuación 3.23)

$$F_r = K_r \left( \frac{v \cdot n}{10^3} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{dm}{100} \right)^2 \text{ Ecuación 3. 23 Carga radial mínima}$$

Donde:

$F_r$  -> carga radial mínima

$v$  -> viscosidad del aceite a la temperatura d funcionamiento  $\text{mm}^2$

$n$  -> velocidad de giro 40 rpm

$dm$  -> diámetro medio del rodamiento

$d$  -> diámetro interno del rodamiento 25 mm

$D$ -> diámetro externo del rodamiento 50 mm

$$dm = 0.5(d + D)mm \text{ Ecuación 3. 24 Diámetro medio}$$

$$dm = 0.5 (25 + 50)$$

$$dm = 37.5 \text{ mm}$$

En la siguiente tabla 3.11 relaciona la viscosidad necesaria calculada con el programa SKF online con respecto al rodamiento 6205.

**Tabla 3. 11** Resultados Programa SKF ONLINE

**Summary result**

Viscosity : 6205

Remove this result

Results

<b>v</b>	Lubricant viscosity at operating temperature	4 mm <sup>2</sup> /s
<b>v<sub>1</sub></b>	Required viscosity at operating temperature for κ=1	221 mm <sup>2</sup> /s
<b>v<sub>ref</sub></b>	Required viscosity at 40 °C for κ=1	105 mm <sup>2</sup> /s
<b>κ</b>	Viscosity ratio	0.02

Input parameters

<b>n<sub>i</sub></b>	Rotational speed of inner ring	60 r/min
<b>Bearing operating temperature</b>	Bearing outer ring	27 °C
<b>Viscosity calculation input type</b>	Viscosity input at 40 °C and 100 °C	Select from list
<b>Viscosity at 40 °C</b>		4 mm <sup>2</sup> /s
<b>Viscosity at 100 °C</b>		4 mm <sup>2</sup> /s

Unit system

Select unit system

SI  Imperial

Selected calculations

Viscosity

remove

Product data

**Designation** 6205 \*

**d** 25 mm

**D** 52 mm

**B** 15 mm

**C** 14.8 kN

**C<sub>0</sub>** 7.8 kN

**Type** Deep groove ball bearings

**Fuente:**

[http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/viewers/productTableView.jsp?&lang=es&tableName=1\\_1\\_1&presentationType=3&startnum=14](http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/viewers/productTableView.jsp?&lang=es&tableName=1_1_1&presentationType=3&startnum=14)

Reemplazando los datos obtenidos anteriormente en la ecuación 3.23 tenemos:

$$F_r = 0.025 \left( \frac{221 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \cdot 40 \text{ rpm}}{10^3} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{37.5 \text{ mm}}{100} \right)^2$$

$$\Rightarrow F_r = 0.015 \text{ kN}$$

Como tenemos las cargas en el rodamiento de forma radial y se trabaja a bajas revoluciones a 40 rpm el método a carga estática se elige para determinar el rodamiento, al que está sometido. Al estar sometido a cargas radiales las cargas axiales son mínimas entonces se usa la ecuación 3.25 del manual SKF

$$P_0 = 0.6F_r + 0.5F_a; F_a = 0 \text{ Ecuación 3. 25 Ecuación de carga según manual SKF}$$

$$P_0 = 0.6(0.015 \text{ kN})$$

$$P_0 = 0.009 \text{ kN}$$

Siendo  $F_r > P_0$  ahora determinamos el factor de seguridad estático para este rodamiento

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} \text{ Ecuación 3. 26 Factor de seguridad estático}$$

$$S_0 = \frac{7.8 \text{ kN}}{0.015 \text{ kN}}$$

$$S_0 = 867$$

(SKF, 2013)"El valor estático calculado es mayor a los valores recomendados por los fabricantes SKF que es de valor 3", entonces al aplicar los rodamientos al sistema del elevador no sufrirá ningún contratiempo al momento de usar.

#### 3.1.4.7.1 Vida útil del rodamiento

Para calcular la vida útil se cogió las características mecánicas del propio rodamiento SKF 6205 (ver tabla 3.10) , teniendo en cuenta que:

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^K \text{ Ecuación 3. 27 Vida útil rodamiento}$$

Donde:

$L_2$  -> Duración de diseño en Rev.

$L_1$  -> Duración  $L_{10}$  con carga C 18000 rpm

$P_2$  -> carga de diseño -> 882N

$P_1$  -> carga dinámica -> 14.8 kN

$k$  -> constata 3.00 hilera de bolas

Entonces :

$$L_2 = L_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^K$$

$$L_2 = 18000 \left(\frac{14.8 \text{ kN}}{882 \text{ N}}\right)^3$$

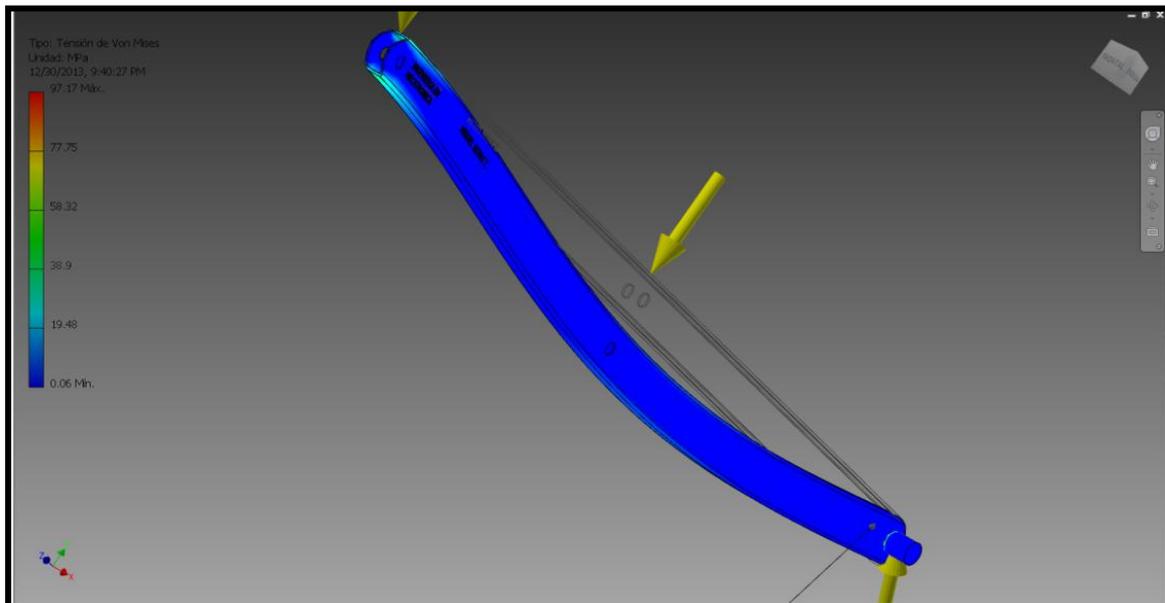
$$L_2 = 85 \times 10^6$$

**Figura 3. 29** Rodamiento



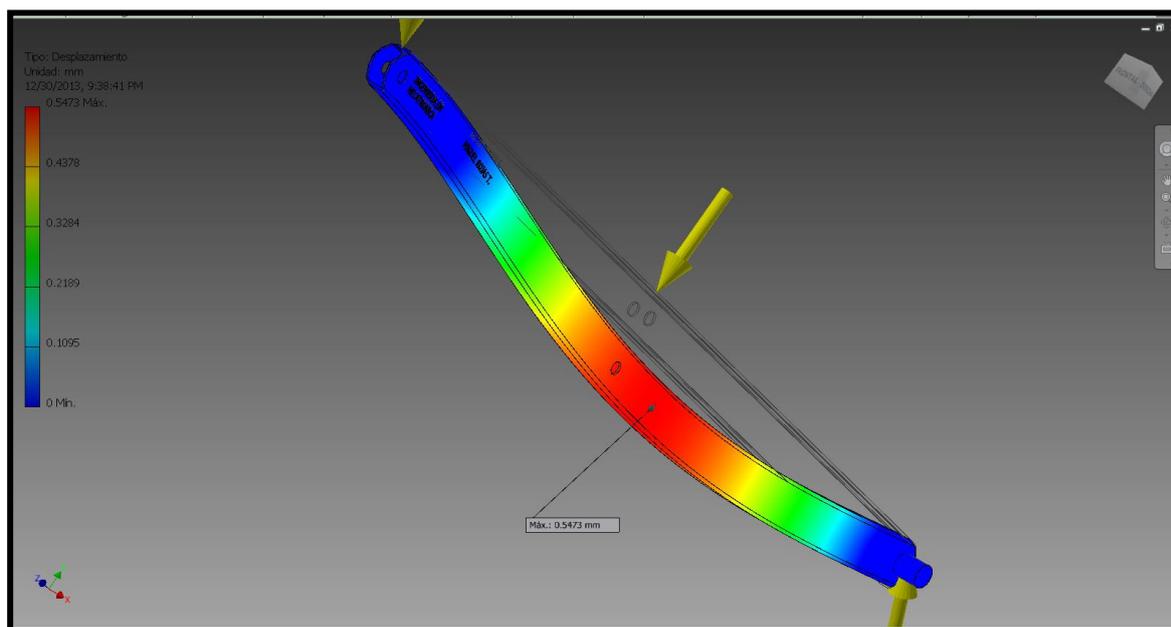
**Fuente:** Diseño de elementos de máquina, Mott pag 603

**Figura 3. 30** Análisis de Von Mises en tijera y pasador



**Fuente:** Inventor 2013

**Figura 3. 31** Desplazamiento



**Fuente:** Inventor 2013

En las figuras 3.30 y 3.31 muestran el análisis de esfuerzo y deformación tridimensional de las barras en Inventor 2013, en las cuales van los ejes diseñados anteriormente. En la figura 3.30 indica el esfuerzo generado tanto en las barras como en el eje del rodamiento, se nota de un color azul la cual indica que no existe mayores esfuerzos en el sistema y no tiene oportunidad en fallar durante la elevación de la carga. En la figura 3.31 indica la mayor deformación que existe en el punto E de 0.98mm 0.03858 in, la cual es el punto donde más soporta las cargas analizadas con un factor de seguridad de 2 antes descrito.

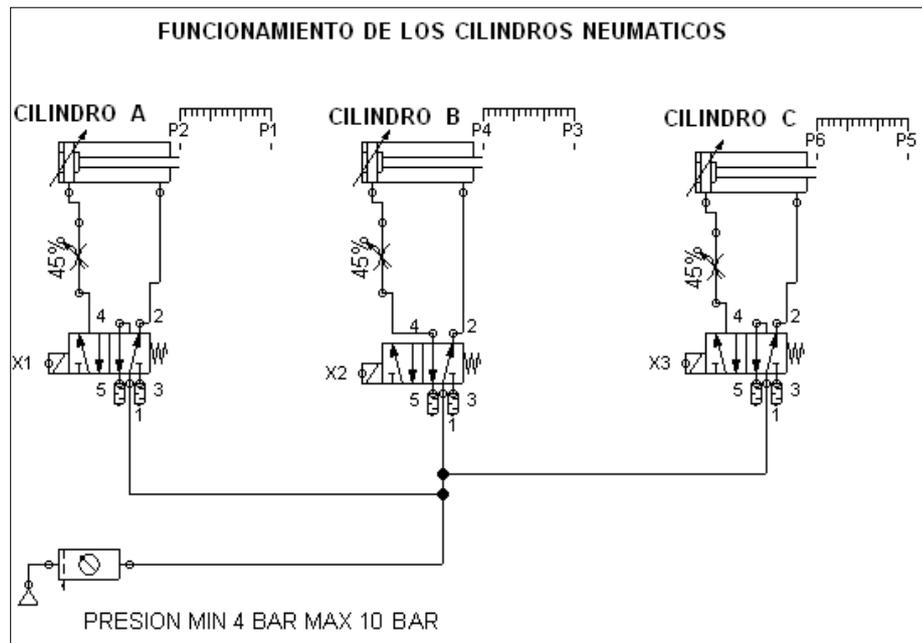
## **3.2 DIMENSIONAMIENTO NEUMÁTICO**

En la sección 3.1.4.1.2 se encontró la fuerza que ejerce el cilindro durante la elevación de la carga que son los 1345.14 N, considerando este dato se dimensionó el sistema neumático.

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO**

En la figura 3.31 presenta la secuencia y el circuito neumático del elevador, teniendo 3 cilindros neumáticos con electroválvulas y con una alimentación de 6-10 bares.

**Figura 3. 32** Circuito Neumático (Estado Final)



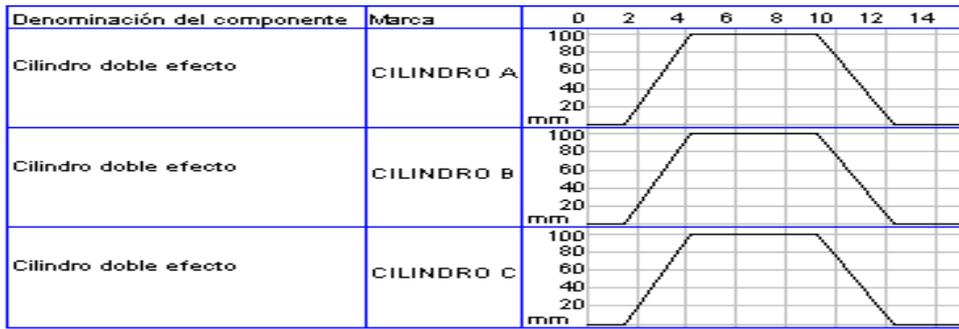
**Fuente:** FluidSim Neumática

**Tabla 3. 12** Descripción de la secuencia de los cilindro neumáticos

TRAMO	MOVIMIENTO	DESCRIPCION
0 - 1	Pausa inicial	En este tramo es cuando los cilindros del sistema del elevador están en posición inicial, el vástago de los tres cilindros están salidos
1 - 10	Carrera de retroceso de los vástagos de los cilindros neumáticos.	Una señal eléctrica que reciben los contactares K1, K2 y K3 enclavan las bobinas de las mismas, tal que dichos cilindros tengan su carrera de trabajo y el elevador comienza a subir.
10 - 12	Carrera de avance de los vástagos de los cilindros neumáticos	Se des-energiza las bobinas K1, K2 y K3 de los contactores para que el elevador vuelva a su estado inicial o baje.

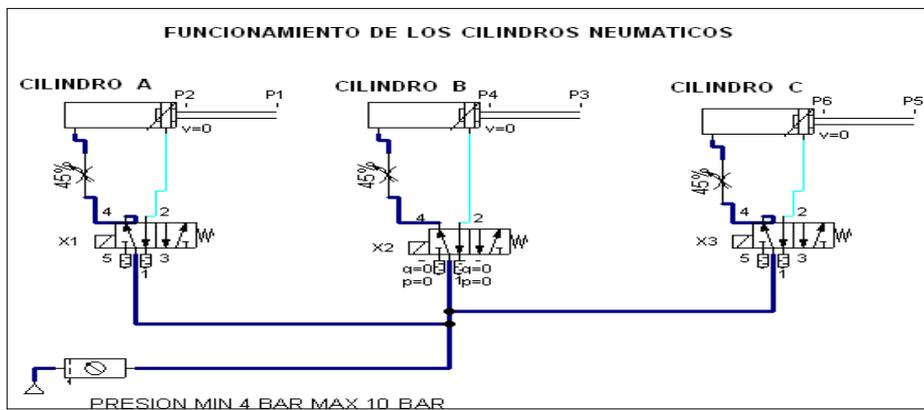
**Fuente:** Propia

Figura 3. 33 Diagrama de Fase



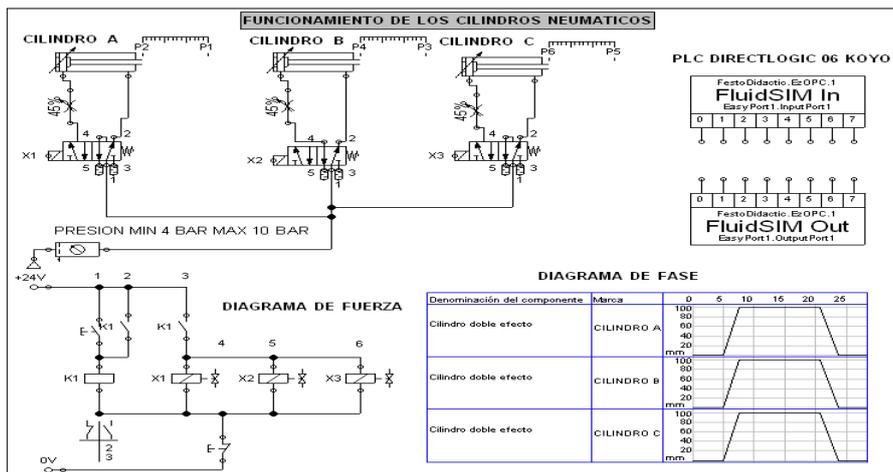
Fuente: FluidSim Neumática

Figura 3. 34 Estado inicial de los cilindros neumáticos



Fuente: FluidSim Neumática

Figura 3. 35 Simulación electro-neumática en FESTO Fluidsim estado final



Fuente: FluidSim Neumática

### 3.2.2 SELECCIÓN DE CILINDROS NEUMÁTICOS

El cilindro neumático es una unidad que convierten la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras.

En principio consiste en un recipiente cilíndrico equipado de un embolo o pistón. En el momento de introducir un determinado caudal de aire comprimido, este se expande en el interior de la cámara y provoca un desplazamiento lineal del vástago.

Al ensamblar en el embolo un vástago rígido, este mecanismo es hábil de empujar algún elemento u objeto, o simplemente sujetarlo.

Esta fuerza de empuje en el cilindro es proporcional a la presión del aire con la superficie del pistón

#### 3.2.2.1 Dimensionamiento de cilindros para el elevador

(MetalWork, 2013, p. 75)"El funcionamiento del vástago de un cilindro se comporta como un eje expuesto a cargas frontales (flexión + compresión).

Si existen carreras largas es necesario verificar el diámetro del vástago en función de la carga aplicada y del tipo de fijación del vástago y del cilindro.

Para esto se utiliza las siguientes formulas":

##### 3.2.2.1.1 *Fuerza máxima*

Determinación de la fuerza máxima, a partir de una carrera y un diámetro de vástago.

$$F_{aplicada} \leq \frac{20350 \phi^4}{c^2 k^2} \text{ Ecuación 3. 28 Fuerza máxima aplicada}$$

##### 3.2.2.1.2 *Diámetro mínimo del vástago*

Determinación del diámetro mínimo aceptable del vástago, a partir de una carrera y una fuerza.

$$S \geq \sqrt[4]{\frac{Fc^2k^2}{20350}} \text{ Ecuación 3. 29 Diámetro mínimo del vástago}$$

Donde:	F	Fuerza aplicada	[N]
	Ø	Diámetro vástago	[mm]
	c	Carrera	[mm]
	k	Coeficiente por longitud libre en función de la fijación	(tabla 3.13)

### 3.2.2.1.3 Fuerza teórica (SMC, 2003)

- *Al avance:*

$$F_{teorica} = (A * p) - fr$$

Donde:	fr	Fuerza de Rozamiento (3-20%)
	A	área de la sección del embolo
	P	Presión de trabajo

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

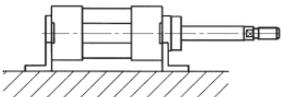
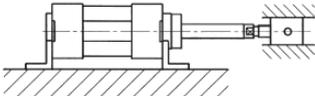
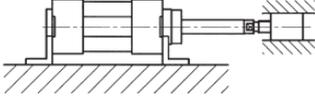
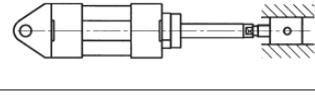
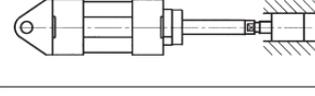
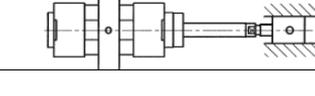
Donde:	D	Diámetro del émbolo
--------	---	---------------------

- *Al retroceso:*

$$f_{teorica} = (A' * p) - fr$$

Donde:	A'	Área de la sección del vástago; siendo $A' = \frac{\pi d^2}{4}$
--------	----	---

**Tabla 3. 13** Tabla de coeficiente K por longitud libre en función de la fijación

VINCULO	K
	2
	0.7
	0.5
	2
	1
	1.5

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General, p 1.1/03

Se asume un diámetro  $\emptyset$  de vástago  $d=20$ [mm] (catálogo Metalwork Anexo 3) y una carrera de vástago  $C=500$  [mm], la constante de fijación  $K=2$  y una fuerza requerida adicionalmente un 30% de la fuerza que ejerce el cilindro de  $1345.06+0.35*1345=1815.83$  [N]

#### 3.2.2.1.4 Fuerza máxima permisible

$$Fuerza_{requerida} \leq \frac{20350(20)^4}{(500)^2 2^2}$$

$$Fuerza_{requerida} \leq 3256 \text{ [N]}$$

#### 3.2.2.1.5 Mínimo diámetro vástago permisible

$$S \geq \sqrt[4]{\frac{1815.83(500)^2(2)^2}{20350}}$$

$$S \geq 17.28 \text{ [mm]} \cong 20 \text{ [mm]} \text{ diametro a escoger}$$

#### 3.2.2.1.6 Fuerza teórica

- Avance

$$fuerza_{avance} = \left(\frac{\pi(50)^2}{4}\right) * (0.6) - 0.3fuerza_{avance} \text{ [N]}$$

$$fuerza_{avance} = \frac{1178.09}{1.03}$$

$$fuerza_{avance} = 1143.73[N]$$

- Retroceso

$$fuerza_{retroceso} = \left( \frac{\pi(20)^2}{4} \right) * (0.6) - 0.03fuerza_{retroceso} [N]$$

$$fuerza_{retroceso} = 183.88[N]$$

**Tabla 3. 14** Características técnicas del cilindro neumático

<b>DATOS TECNICOS TIPO</b>	CIL 136 40 500 CP
Presión de trabajo	Max 10 bares
Temperatura de funcionamiento	-20 +80 °C
Fluido	Aire sin lubricación
Diámetro Embolo	40 mm
Diámetro Vástago	12 mm
Carrera	500 mm
Función	Cilindro doble efecto
Peso	2.65 kg
Montaje	Rígido
Material	Vástago acero C45, cromado en profundidad, culatas en aluminio fundido, Pistón en tecnopolímero, juntas poliuretano.
Número de cilindros	3 cilindros de doble efecto.

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General , p 1.1/63

**Tabla 3. 15** Fuerzas desarrolladas en empuje y tracción según catálogo general METALWORK 2009

DIAMETRO CILINDRO D EN mm	DIAMETRO d EJE EN mm	MOVIMIENTO	FUERZA EN EMPUJE Y TRACCION EN daN EN FUNCION DE LA PRESION EJERCIDA EN BAR		
			5 bar	6 bar	10 bar
60	20	EMPUJE	98.2	117.8	196.3
		TRACCIÓN	82.5	99.0	164.9

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General , p 1.1/05

### 3.2.2.2 Consumo de aire en el cilindro

Con los datos obtenidos calculamos el caudal requerido por el cilindro; se tiene:

LA= Carrera del pistón = 500 mm

Di=Diámetro interno del cilindro = 63mm

Dv= Diámetro del vástago = 20 mm

p1=p2 = Presión Relativa de trabajo (presión de trabajo/1 bar )= 6

n= Numero de ciclos por minuto = 10 ciclos/min

Qa= caudal requerido por el cilindro.

$$Q_A = \frac{L_A * \pi}{4} [D_i^2 * P_1 + (D_i^2 - D_v^2) * P_2] * n \text{ Ecuación 3. 30 Caudal requerido}$$

$$Q_A = \frac{500 * \pi}{4} [63^2 * 6 + (63^2 - 20^2) * 6] * 10$$

$$Q_A = 177609940.7 \frac{mm^3}{min} = 177609.9 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q_T = 2Q_A$$

$$Q_T = 2 * 177609.9 \frac{cm^3}{min}$$

Caudal Total requerido de 3 cilindros.  $Q_T = 444024.9 \frac{cm^3}{min} = 444.024 \frac{l}{min}$

### 3.2.2.3 Selección de elementos neumáticos y tuberías

#### 3.2.2.3.1 *Electroválvulas*

(Sole, 2011, p. 99)"La instalación de las electroválvulas en actuadores neumáticos es orientar el flujo de aire para repartir el aire hacia los elementos de trabajo, son conocidas también como válvulas distribuidoras. Son los órganos de mando eléctrico del circuito electroneumático del sistema.

Las electroválvulas se eligen de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la forma siguiente":

2/2 dos vías/dos posiciones

3/2 tres vías/dos posiciones

4/2 cuatro vías/dos posiciones

5/2 cinco vías/dos posiciones

5/3 cinco vías/tres posiciones

**Tabla 3. 16** Selección de Electroválvulas

<b>MODELO</b>	SOV B5 SEB OO
<b>TIPO</b>	VALVULA 5/3 DISTRIBUIDOR BIESTABLE
<b>MONTAJE</b>	VALVULA SERIE 70 ELECTRONEUMATICA SOBRE BASE
<b>CONEXIÓN</b>	G1/4
<b>TEMPERATURA</b>	-10 grados 60 grados centígrados
<b>FLUIDO</b>	Aire comprimido
<b>PRESIÓN DE TRABAJO</b>	Max 10Bar
<b>TENSIÓN SELECCIONADA PARA SOLENOIDE</b>	24VDC 2W

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General , p 2.1/30

**Figura 3. 36** Característica electroválvula MetalWork2009



**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General , p 2.1/30

### 3.2.2.3.2 Regulador de caudal unidireccional

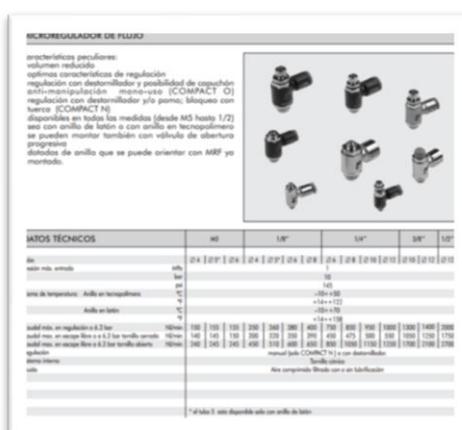
(MICRO, 2013)"El control de velocidad de desplazamiento de un cilindro se logra mediante el flujo de aire o caudal que escapa del mismo. Estos componentes regulan el caudal en una sola dirección de flujo, permitiendo el libre pasaje del aire en sentido contrario. Para obtener regulaciones más precisas es conveniente instalar estos reguladores cerca del cilindro. Por tal motivo se ha desarrollado los reguladores de caudal para ser conectados directamente en el cilindro". Se requiere tener un control en la velocidad de los cilindros que realizan el proceso de elevar en forma vertical un peso ideal de 40 - 90 kg utilizando un regulador para cada cilindro.

**Tabla 3. 17** Selección de regulador de caudal

<b>MODELO</b>	COMPACT N
<b>TIPO</b>	REGULADOR DE CAUDAL
<b>MONTAJE</b>	AVERTURA PROGRESIVA
<b>CONEXIÓN</b>	G 1/4
<b>TEMPERATURA</b>	-10 a 70 GRADOS CENTIGRADOS
<b>FLUIDO</b>	AIRE COMPRIMIDO FILTRADO
<b>PRESIÓN DE TRABAJO</b>	MAX 10 BARES
<b>MATERIALES</b>	ANILLO RODEANTE EN LATÓN, POMO EN LATON NIQUELADO, GUARNICIONE NBR

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

**Figura 3. 37** Regulador de caudal MetalWork 2009



Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

### 3.2.2.3.3 Tubería

Generalmente son de poliamida, poliuretano, cobre, goma con malla, PVC con malla sintética. Son materiales flexibles encargados de la conducción del aire comprimido a los actuadores para realizar el proceso requerido.

**Tabla 3. 18** Tubo poliuretano

<b>TUBO</b>	POLIURETANO	
<b>PRESION MAX</b>	10 BAR	
<b>FLUIDO</b>	AIRE COMPRIMIDO ACEITE , ETC	
<b>TEMPERATURA</b>	10 - 70 GRADOS C	
<b>CONEXION</b>	G1/4	
<b>DIÁMETRO</b>	8 mm	

Fuente: MetalWork2009, Catalogo General

3.2.2.3.4 *Elementos adicionales*

**Tabla 3. 19** Conector rápido T

MODELO SPE 08	
CONECTOR RAPIDO PARA TUBO 8mm	

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General

**Tabla 3. 20** Conector rápido recto

Modelo IAC	CONECTOR RAPIDO 8 mm, roscado 3/4	
Modelo IAC	Conector rápido roscado 1/4	

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General

**Tabla 3. 21** Silenciador

Modelo MW SC	
Conector 1/8	
Bronce sinterizado	
Filtro 5um	

**Fuente:** MetalWork2009, Catalogo General

3.2.2.3.5 *Selección unidad técnica de mantenimiento (UTM)*

(Sole, 2011, p. 102)"Son unidades necesarios para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para alargar la vida útil de los elementos. Su función es proveer aire libre de impurezas, de humedad, regulado a la presión requerida y lubricado". La unidad está formada por:

- *Filtro de aire:* Elimina impureza que pueda existir en el aire comprimido. El cartucho del filtro debe limpiarse en intervalos regulares.

- *Colector de condensado:* El nivel de condensación debe controlarse rigurosamente para no sobrepasar el nivel máximo permitido, caso contrario puede que existe el riesgo de que agua pase al depósito de aceite y a la instalación. Para ello es necesario vaciar la condensación.
- *La válvula regulador de presión:* Mantiene la presión de trabajo constante, independiente de las oscilaciones de la presión de red y el consumo de aire la presión de entrada siempre debe ser mayor que la presión de trabajo.

Estos elementos deben encontrarse bien lubricados, se debe utilizar aceites de acidez del tipo mineral.

**Tabla 3. 22** Selección FRL

MODELO	FRL ND
TIPO	UTM
MONTAJE	MEDIANTE DOS TORNILLO
FILTRO DE AIRE + REGULADOR +LUBRICADOR	
CONEXIO	G1/4
TEMPERATURA	MAX 50 GRADO CENTIGRADOS
FLUIDO	AIRE COMPRIMIDO
PRESION DE TRABAJO	18 BAR
FILTRACION	25um
ACEITE	Aceite de Turbina clase 1 (ISOVG32)
TIPO DE VALVULA	Tipo relief
PESO	1 kg

**Fuente:**MetalWork2009, Catalogo General , p 2.1/30

### 3.2.2.3.6 Compresor

Para determinar la potencia del compresor se requiere determinar los valores de pérdidas de presión en los elementos del sistema la que han sido tomados de los catálogos de MetalWork.

**Tabla 3. 23** Pérdidas en los elementos neumáticos

ELEMENTO	CAIDA DE PRESION BAR	NUMERO DE ELEMENTOS	CAIDA DE PRESION TOTAL BAR
ELECTROVALVULAS	0.08	3	0.24
UTM	0.5	1	0.5
REGULADOR DE FLUJO	0.03	4	0.12
MANGUERA	0.01/m	8m	0.08
TOTAL (BAR)			0.87

Fuente: Propia

La presión de entrega en el compresor será:

$$P_c = P_D + \Delta_p \text{ Ecuación 3. 31 Presión de entrega al compresor}$$

Donde:

$$P_c = \text{Presion minima del compresor}$$

$$P_D = \text{Presion del sistema} = 6\text{Bar}$$

$$\Delta_p = \text{Perdidas del sistema} = 0.87 \text{ Bar}$$

$$P_c = 6 + 0.87 = 6.87 \text{ Bar} = 7.005 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

La potencia requerida será:

$$P = P_c * \sum Q \text{ Ecuación 3. 32 Potencia requerida}$$

Donde:

$$P_c = \text{Presion minima del compresor} = 7.005 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$P = \text{Potencia minima requerida el compresor}$$

$$\sum Q = \text{Caudal total requerido} = 747591 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 747.6 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$P = 7.005 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 747591 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 5236874.9 \frac{\text{kgf cm}}{\text{min}} = 872.8\text{W} = 1.16 \text{ hp}$$

Para un trabajo sin problemas del equipo se recomienda usar un compresor de al menos con las siguientes características: Potencia: 1.2 hp - Caudal:747.6 l/min.

En la siguiente tabla 3.13 muestra las características del compresor

**Tabla 3. 24** Propiedades del compresor

Modelo : Porten	
Potencia: 2HP 1.5kw	
Cilindro: 2x51 mm	
R.P.M 1200	
Presion Max 8 Bar (115 PSI)	
Caudal 747.6 l/min	
Peso: 79kg	
Dimensiones:106x38x78	

**Fuente:** Propia

### **3.3COMUNICACIONES**

#### **3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR OPC**

El servidor OPC permite la transferencia de datos entre los PLCs y la aplicación del software HMI, para que funcione adecuadamente es necesario configurarlo.

Se debe seleccionar un canal de comunicación, agregar un dispositivo y crear etiquetas de las variables (TAGS) que se desean leer.

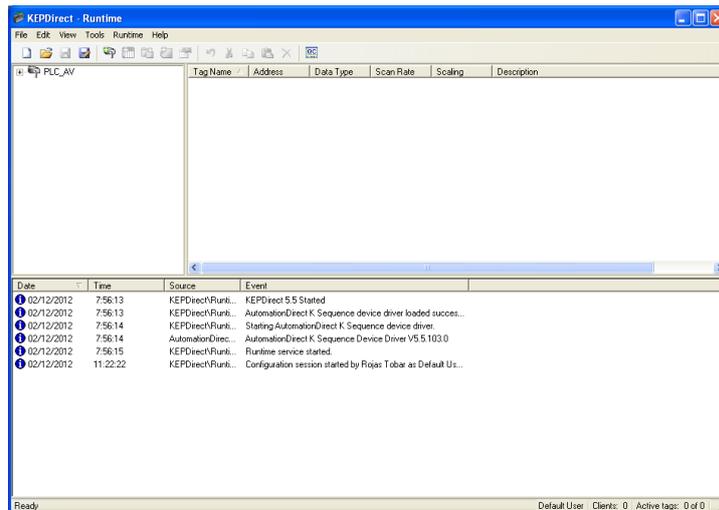
La configuración del OPC server se realizo mediante los siguientes pasos:

##### **3.3.1.1 Configuración del canal de comunicación**

Abrir el software KepDirect 5.5 for PLC y configurar el canal de comunicación de la siguiente manera:

- a. Pulsar sobre el icono New Project ubicado en la parte superior izquierda de la pantalla. Luego pulsar sobre el texto que dice “click to add a channel” y en la siguiente ventana que aparece escribir el canal, como por ejemplo PLC\_ELEVADOR como se indica en la figura 3.37

**Figura 3. 38** Ventana principal del software KepDirect 5.5 for PLC

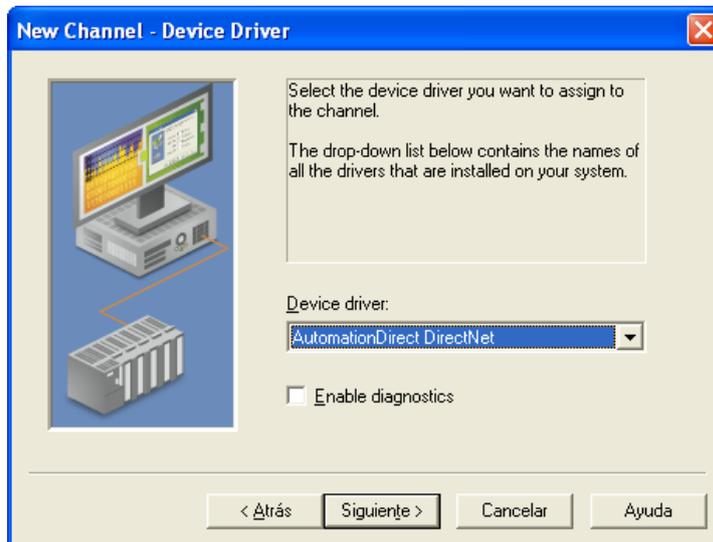


Fuente KepDirect

- b. Seleccionar el nombre del driver de dispositivo que se va a utilizar.

El PLC instalado para el modulo elevador permiten utilizar Direct – Net o K Sequence. En esta aplicación se escogió emplear K-Sequence porque permite realizar peticiones de datos de bit en bit (Figura 3.38).

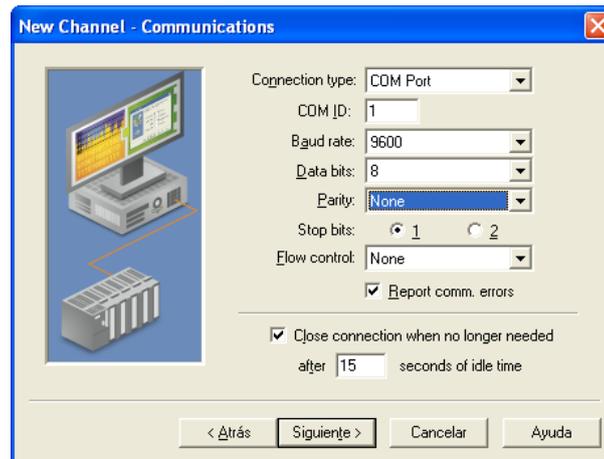
**Figura 3. 39** Ventana New Channel-Identificación del software KepDirect



Fuente KepDirect

- c. Configurar las propiedades de la comunicación OPC. Para el sistema HMI se empleará tal y como se muestra en la figura 3.49:

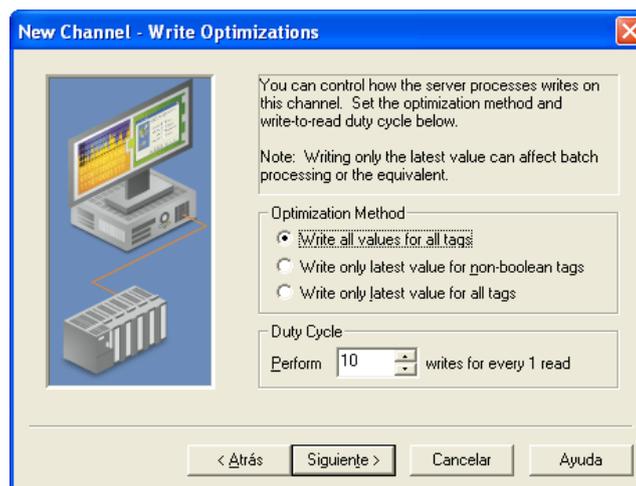
**Figura 3. 40** Ventana New Channel-Communications software KepDirect



**Fuente** KepDirect

- d. En la siguiente ventana de la figura 3.40 se debe configurar las optimizaciones de escritura. Para este sistema se utiliza la opción Write all values for all tags (escribir todos los valores para todas las etiquetas), tal que garantiza que se envían al PLC todas las señales deseadas. (Logic, 2009)"El valor del Duty Cicles (ciclo de trabajo) utilizado es el recomendado por el fabricante OPC driver, este valor es de 10 escrituras por cada lectura".

**Figura 3. 41** Ventana New Channel-Write Optimization software KepDirect

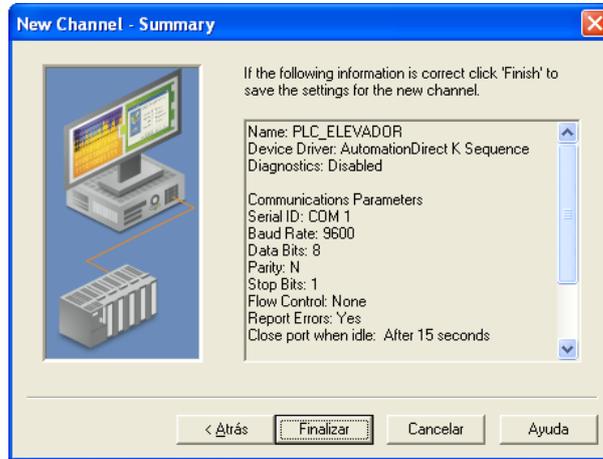


**Fuente** KepDirect

- e. En la ventana de la figura 3.41 se muestra la configuración seleccionada al momento de pulsar en el botón siguiente de la ventana

anterior. Al hacer click sobre el botón finalizar se concluye la configuración del canal de comunicación.

**Figura 3. 42** Ventana New Channel-Write Summary software KepDirect

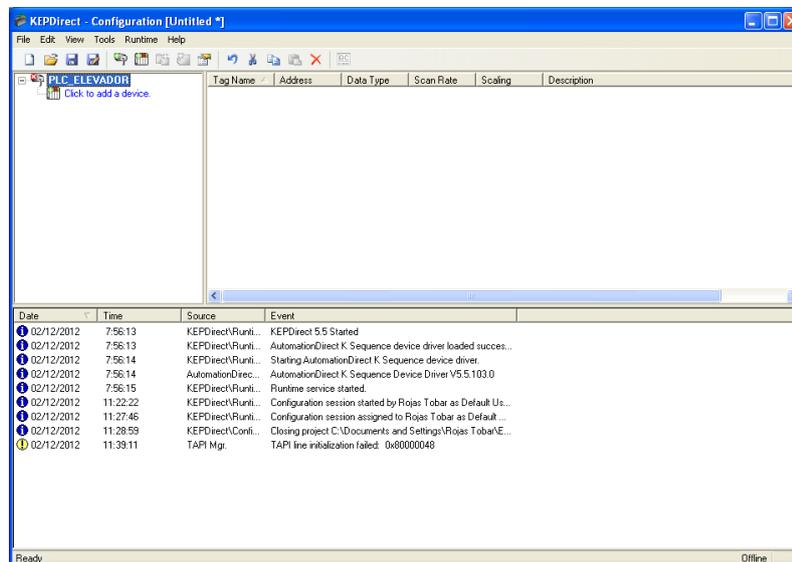


**Fuente** KepDirect

### 3.3.1.2 Agregar un dispositivo al canal de comunicación.

- a. Pulsar sobre el texto “Click to add device”

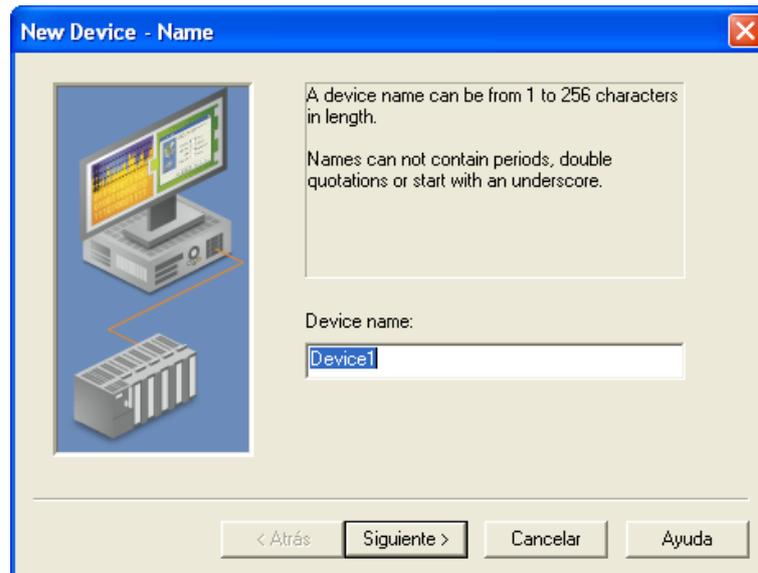
**Figura 3. 43** Ventana Principal con el enlace de agregar dispositivos KepDirect



**Fuente** KepDirect

- b. Escribir el nombre del dispositivo a utilizar.

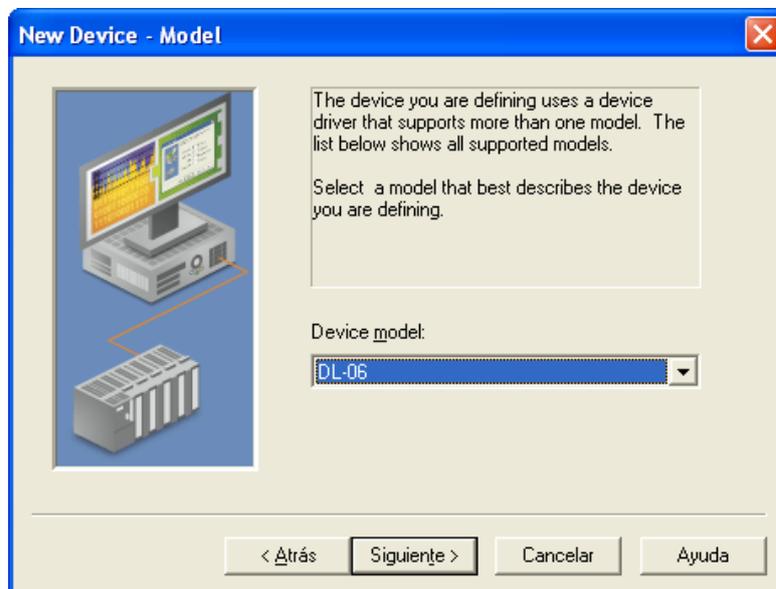
**Figura 3. 44** Ventana para agregar el enlace de dispositivos KepDirect



**Fuente** KepDirect

- c Seleccionar la serie de PLC a utilizar, como el Direct Logic 06 KOYO

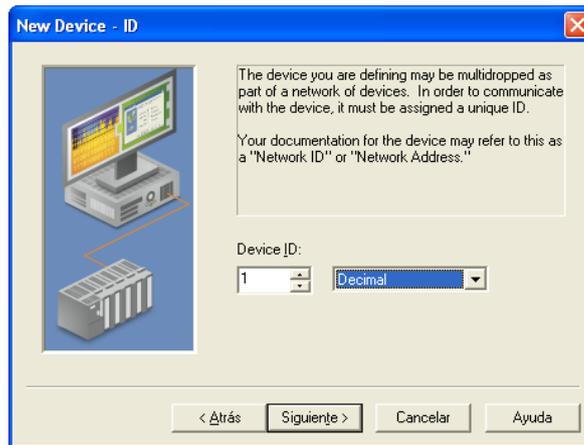
**Figura 3. 45** Ventana para agregar la serie del PLC KepDirect



**Fuente** KepDirect

- d Asignar un id al PLC para poder identificarlos en caso de que se encuentren conectados en una red tal y como se indica la figura 3.45 .

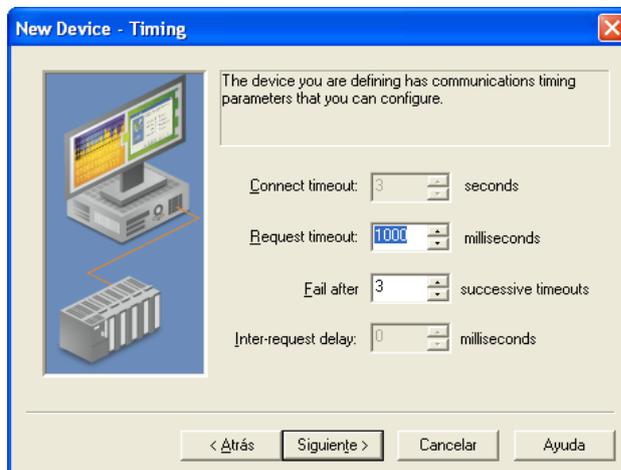
**Figura 3. 46** Ventana New Device-ID KepDirect



**Fuente** KepDirect

- e Configurar tiempos de comunicación. Para esta aplicación se mantuvieron los tiempos recomendados por el fabricante. (Logic, 2009, p. 9) "Estos son de 1000 ms para Reques Timeout (tiempo de espera se ha agotado) y de 3 timeouts sucesivos para indicar la falla en la comunicación"(Figura 3.46).

**Figura 3. 47** Ventana New Device-Timing KepDirect

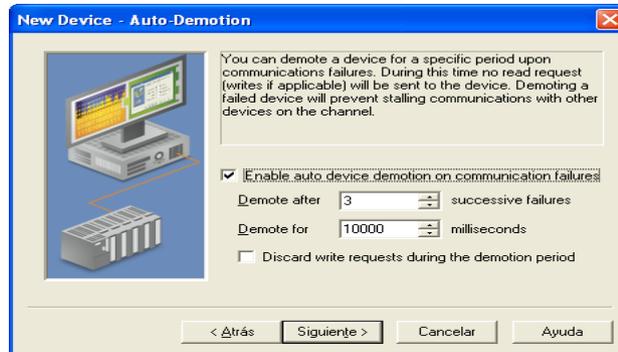


**Fuente** KepDirect

- f En la figura 3.47 indica que se habilitó la opción que permite anular la comunicación con los dispositivos que no responden. La utilidad de esta opción es no estancar las comunicaciones si el PLC fallido se encuentra

conectado a una red. Se habilito esta opción para dejar en uso práctico la ampliación de mas PLCs.

**Figura 3. 48** Ventana New Device-Auto Demotion KepDirect



**Fuente** KepDirect

- g En la figura 3.48 muestra que esta activada la opción generar automáticamente una base de datos de tags o etiquetas al momento de conectar el PLC. Las etiquetas se crearon manualmente con el objetivo de incluir información relevante a su función, por lo tanto no se habilita esta opción. Al crear tags manualmente, se agrega una breve descripción de cada una. De este modo, cuando se abre la aplicación del servidor OPC pueden observar los tags agregadas y la función de cada una.

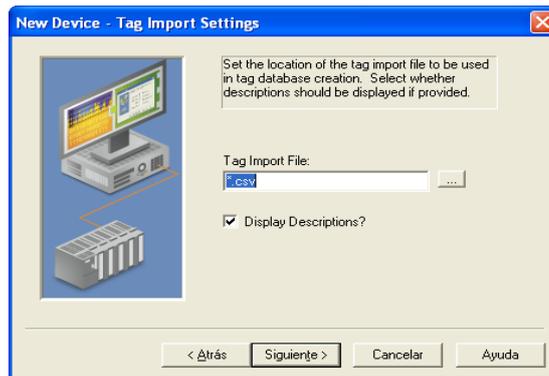
**Figura 3. 49** Ventana New Device-Database Creation Demotion KepDirect



**Fuente** KepDirect

- h En la figura 3.59 muestra que se puede seleccionar un archivo desde el cual se puede importar una lista de etiquetas. Estos archivos se pueden generar en software en recientes de programación. El software utilizado en la fabrica no dispone de esta función por lo que no se utiliza ningún archivo.

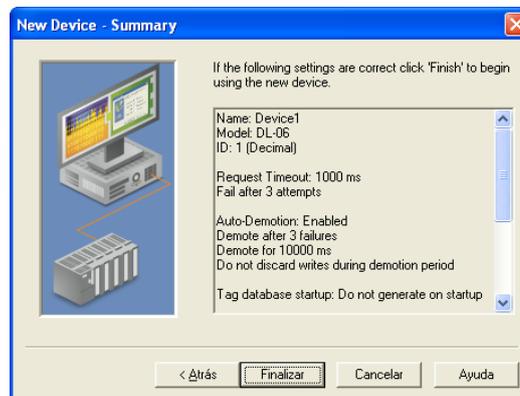
**Figura 3. 50** Ventana New Device – Tag import settings KepDirect



**Fuente** KepDirect

- i La siguiente ventana muestra los parámetros seleccionado para el dispositivo.

**Figura 3. 51** Ventana New Device – Summary KepDirect



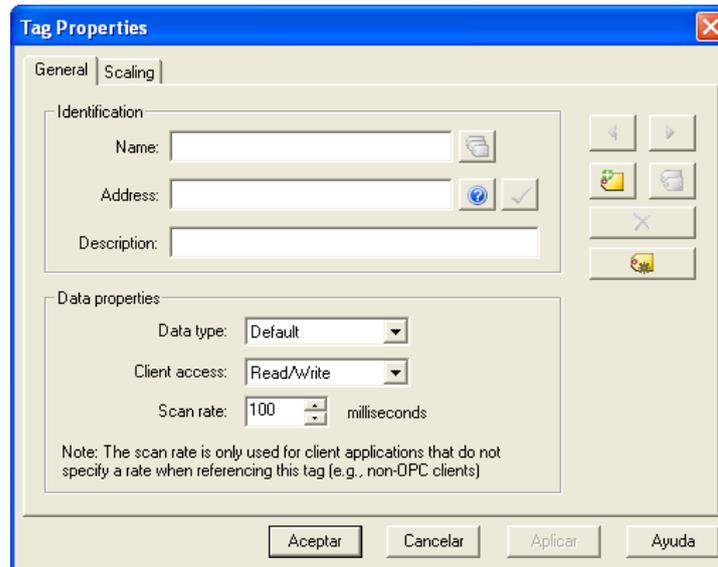
**Fuente** KepDirect

### 3.3.1.3 Agregar TAGS

Se debe agregar una etiqueta o un tag por cada variable que se desee leer desde el PLC. Al momento de crear las tags se debe asignar un nombre y seleccionar la variable que se desee leer y que tipo de datos se desee recibir, por ejemplo

boolean, BDC, Word, etc. Para agregar las etiquetas se hace click derecho en la sección derecha de la pantalla del software KepDirect y se selecciona la opción New Tag. Luego se llena la información requerida en la ventana que aparece en la figura 3.51.

**Figura 3. 52** Ventana Tag – Properties KepDirect



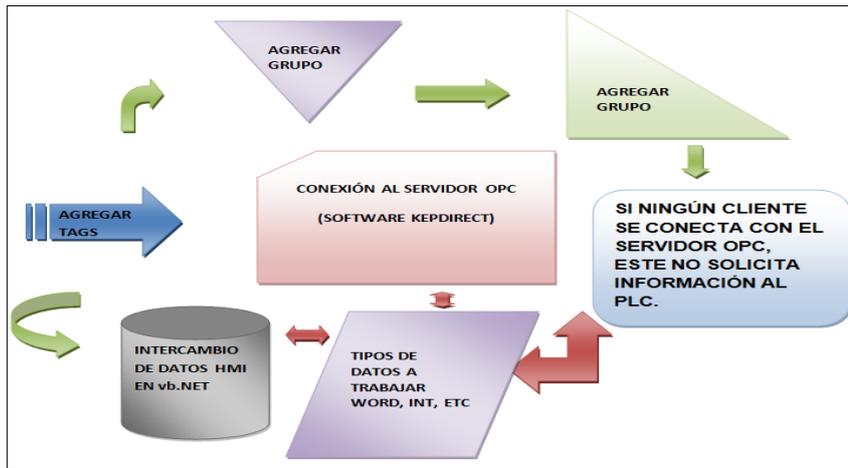
**Fuente** KepDirect

#### **3.3.1.4 Configuración del cliente OPC**

La aplicación desarrollada en Visual Studio .Net constituye el cliente OPC en este sistema HMI. En esta sección se describe los pasos necesarios que se deben seguir para poder realizar el intercambio de información entre el cliente OPC realizado en VisualBasic .Net y el servidor OPC KepDirect.

El procedimiento que se debe seguir para poder intercambiar datos entre el software del sistema HMI con el servidor OPC son: establecer la conexión con el servidor, agregar un grupo y agregar ítems según la figura 3.52.

**Figura 3. 53** Conexión Cliente Servidor



Fuente: Autor

En este sistema HMI es indispensable conocer el estado de las variables involucradas en el sistema del elevador por lo que se trabaja con un solo grupo en el que se encuentra todos los ítems. A continuación se muestra los códigos utilizados para conectarse el servidor OPC.

### 3.3.1.5 Código para conectarse con servidor OPC

El código que se emplea para hacer la conexión con el servidor OPC en Visual Basic Studio .net para el sistema HMI del elevador electroneumático es el siguiente:

```
' ///*****MODULO ELEVADOR ELECTRONEUMATICO*****
' ///*****SISTEMA SCADA MEDIANTE COM OPC.*****
' ///*****INGENIERIA EN MECATRONICA *****
' ///*****MIGUEL LEONARDO ROJAS TOBAR *****
' CLASE PUBLICA
Imports System.Runtime.InteropServices 'IMPORTACION DE EVENTOS EXTERNOS
Public Class Form1
    '///***** VARIABLES GLOBALES DE INICIO Y CONFIGURACION OPC*****///
    Dim connectedservername As String
    Dim connectednodename As Object
    Dim AnOPCServer(64) As OPCAutomation.OPCItem
    Dim WithEvents ConnectedOPCServer As OPCAutomation.OPCServer
    Dim ConnectedServerGroup As OPCAutomation.OPCGroups
    Dim WithEvents ConnectedGroup As OPCAutomation.OPCGroup

    Dim OPCItemCollection As OPCAutomation.OPCItems

    Dim itemcount As Integer
    Dim OPCItemIDs(10) As String
    Dim ItemServerHandles() As Long
    Dim ItemServerErrors() As Long
    Dim ClientHandles(10) As Integer
```

```

Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    '/// EVENTO LOAD DE INICIO PARA LA COMUNICACION CLIENTE SERVIDOR OPC
    Dim allopserver As Object

    Try

        ConnectedOPCServer = New OPCAutomation.OPCServer
        allopserver = ConnectedOPCServer.GetOPCServers
        ConnectedOPCServer.Connect(allopserver(1))
        ConnectedServerGroup = ConnectedOPCServer.OPCGroups
        ConnectedServerGroup.DefaultGroupIsActive = True
        ConnectedServerGroup.DefaultGroupDeadband = 0
        ConnectedGroup = ConnectedServerGroup.Add("Grupo")
        ConnectedGroup.UpdateRate = 3 * 1000 '10 '500
        ConnectedGroup.IsSubscribed = True
        itemcount = 5
        OPCItemIDs(1) = "PLC_AV.Device1.IO1" ' " PLC_AV"
'"Channel_1.Device_1.R0"
        OPCItemIDs(2) = "PLC_AV.Device1.IO2"
        OPCItemIDs(3) = "PLC_AV.Device1.variable"
        OPCItemIDs(4) = "PLC_AV.Device1.X_0"
        OPCItemIDs(5) = "PLC_AV.Device1.analog"
'Establece una conexion para la intefaz de items de la OPC de la conexion de
grupo OPC
        ClientHandles(1) = 1
        ClientHandles(2) = 2
        ClientHandles(3) = 3
        ClientHandles(4) = 4
        ClientHandles(5) = 5
        OPCItemCollection = ConnectedGroup.OPCItems
        OPCItemCollection.DefaultIsActive = True
        OPCItemCollection.AddItem(OPCItemIDs(1), ClientHandles(1))
        OPCItemCollection.AddItem(OPCItemIDs(2), ClientHandles(2))
        OPCItemCollection.AddItem(OPCItemIDs(3), ClientHandles(3))
        OPCItemCollection.AddItem(OPCItemIDs(4), ClientHandles(4))
        OPCItemCollection.AddItem(OPCItemIDs(5), ClientHandles(5))
    Catch ex As Exception

        MessageBox.Show(ex.ToString(), "mensaje")
    End Try

End Sub

```

### 3.3.1.6 Código para agregar al grupo

Para agregar al grupo servidor OPC se utiliza el siguiente código:

```

ConnectedGroup = ConnectedServerGroup.Add("Grupo")
ConnectedGroup.UpdateRate = 3 * 1000 '10 '500
ConnectedGroup.IsSubscribed = True

```

### 3.3.1.7 Código para agregar TAGS

```

        itemcount = 5
        OPCItemIDs(1) = "PLC_AV.Device1.IO1" ' " PLC_AV"
'"Channel_1.Device_1.R0"
        OPCItemIDs(2) = "PLC_AV.Device1.IO2"
        OPCItemIDs(3) = "PLC_AV.Device1.variable"
        OPCItemIDs(4) = "PLC_AV.Device1.X_0"

```

```

        OPCItemIDs(5) = "PLC_AV.Device1.analog"
'Establece una conexion para la intefaz de items de la OPC de la
conexion de grupo OPC
        ClientHandles(1) = 1
        ClientHandles(2) = 2
        ClientHandles(3) = 3
        ClientHandles(4) = 4
        ClientHandles(5) = 5

```

La última línea de código es la encargada de agregar los ítems. Para agregarlos se debe escribir el número total de ítems que se agregarán (itemscount), y un número que se empleara en el software para leer los datos del ítem (ClientHandles). Los otros datos son información que devuelve el OPC server. ItemServerHandles es un código que se asigna el servidor de a cada ítem agregado. La variable ItemServerError toma el valor de uno cuando no se puede agregar el ítem. Si la operación fue exitosa esta variable toma valor de 0.

### 3.3.1.8 Método utilizado para leer y escribir información

Con el objeto de optimizar la comunicación, la transferencia de datos se realiza solo cuando existe un cambio de estos en el PLC y además se lee al mismo tiempo la mayor cantidad de bits posibles. Se creó una etiqueta o tag para cada salida y entrada del PLC. De esta manera se conoce el estado de cada uno y cuando cambian el OPC Server entrega el nuevo dato a la aplicación desarrollada en Visual Studio .net

### 3.3.1.9 Código para lectura de datos

Cuando exista un cambio externo de las variables que se estén monitoreando se utiliza una rutina que entrega los nuevos valores cada vez que cambien y ser visualizados en sistema HMI por ordenador, quiere decir que esta rutina entra automáticamente al evento de escritura cuando exclusivamente el estado de las variables cambie.

```

'EVENTO GENERAL DE RECEPCION DE DATOS

Private Sub ConnectedGroup_DataChange (ByVal TransactionID As Integer, ByVal
NumItems As Integer, _
ByRef ClientHandles As System.Array, ByRef ItemValues As System.Array, ByRef
Qualities As System.Array, _
ByRef TimeStamps As System.Array) Handles ConnectedGroup.DataChange

    If ClientHandles(1) = 1 Then

```

```

        TextBox1.Text = ItemValues(1) 'AGREGA LO OBTENIDO EN LA LECTURA DE
ESTADO I/O DIGITAL
    Else
        If ClientHandles(1) = 2 Then
            TextBox2.Text = ItemValues(1)
        Else
            If ClientHandles(1) = 3 Then
                TextBox3.Text = ItemValues(1) ' MUESTRA LA CONVERSION ANALOGA
            Else
                If ClientHandles(1) = 4 Then

                Else

                    TextBox4.Text = ItemValues(1)
                End If
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

Cuando se ejecuta esta rutina, el servidor OPC entrega algunas variables. Las que se utilizan en la aplicación de este sistema HMI son:

- NumItems: indica el número de variables que cambiaron.
- ClientHandles: es el numero que se asigno a cada ítem el momento de agregarlo. Los sirve para determinar cuál fue el cambio.
- ItemsValue: se almacena el nuevo valor de cada tag.
- Qualities: indica si la calidad de los datos son buenos o no.

Cuando se ejecuta esta rutina primero se debe determinar cuál de los ítems es el que cambio. Esta comprobación se la realiza comparando el valor de ClientHandles recibido con el valor que se tiene almacenado en el software. Por ejemplo en el código a continuación, se está averiguando si la variable que cambió es la X1. El código que se asigno como ClientHandles el momento de añadir el ítem se encuentra almacenado en 1.

```

    If ClientHandles(1) = 1 Then
        TextBox1.Text = ItemValues(1)
'AGREGA LO OBTENIDO EN LA LECTURA DE ESTADO I/O DIGITAL

```

### 3.3.1.10 Escritura de datos

Para poder realizar control desde la computadora es necesario modificar el valor de las salidas del PLC. Para cambiar el valor de una salida o localidad de memoria del PLC se utiliza el siguiente código:

```

Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    itemcount = 1
    Dim SyncItemValues(1) As Object

    Dim SyncItemServerHandles(1) As Integer
    Dim SyncItemServerErrors As Array
    Dim BlockNo As Integer = Val(TextBox5.Text)
    Try

        AnOPCServer(BlockNo) =
ConnectedGroup.OPCItems.AddItem("PLC_AV.Device1.X_" & CStr(BlockNo), 200 +
BlockNo)
        SyncItemServerHandles(1) = AnOPCServer(BlockNo).ServerHandle
        SyncItemValues(1) = (TextBox5.Text)
        ConnectedGroup.SyncWrite(1, SyncItemServerHandles, SyncItemValues,
SyncItemServerErrors)
        If SyncItemServerErrors(1) <> 0 Then
            MsgBox("Escritura externa fallida Error:" &
SyncItemServerErrors(1).ToString())
        Else

            MsgBox("Escritura externa completada")

        End If

    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show(ex.ToString(), "Mensaje")
    End Try

End Sub

```

Para ejecutar esta rutina se la debe llamar incluyendo el número de datos que se desea escribir, el código ClientHandles de cada dato y el nuevo valor. En el código que se muestra a continuación se va escribir un dato a la variable C200.

```

AnOPCServer(BlockNo) = ConnectedGroup.OPCItems.AddItem("PLC_AV.Device1.X_" &
CStr(BlockNo), 200 + BlockNo)
    SyncItemServerHandles(1) = AnOPCServer(BlockNo).ServerHandle
    SyncItemValues(1) = (TextBox5.Text)
    ConnectedGroup.SyncWrite(1, SyncItemServerHandles, SyncItemValues,
SyncItemServerErrors)
    If SyncItemServerErrors(1) <> 0 Then
        MsgBox("Escritura externa fallida Error:" &
SyncItemServerErrors(1).ToString())
    Else
        MsgBox("Escritura externa completada")

    End If

```

### 3.3.2 CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN BLUETOOTH

La comunicación bluetooth permite la transferencia de datos entre el PLC, modulo Arduino y la aplicación del sistema (dispositivo) móvil.

Para que funcione adecuadamente es necesario configurarlo. Se debe configurar los parámetros principales de comunicación, del modulo bluesmirfgold.

La configuración del modulo bluetooth bluesmirfgold se realizó mediante los siguientes pasos:

### 3.3.2.1 Configuración módulo bluetooth smirfgold

Abrir el programa Arduino (o cualquier programa para abrir un puerto serie como el Hyperterminal de Windows) que tiene el “Serial Monitor” del software aprovechando así las herramientas de la misma.

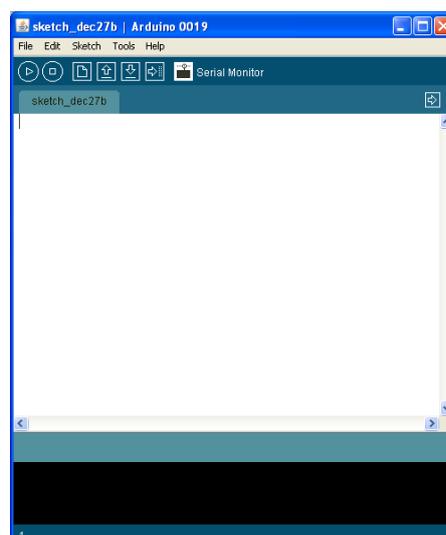
**Figura 3. 54** Ventana de Bienvenida del software Arduino



Fuente Arduino

Al abrir el programa se muestra la ventana principal del software, la cual se muestra a continuación en la siguiente figura.

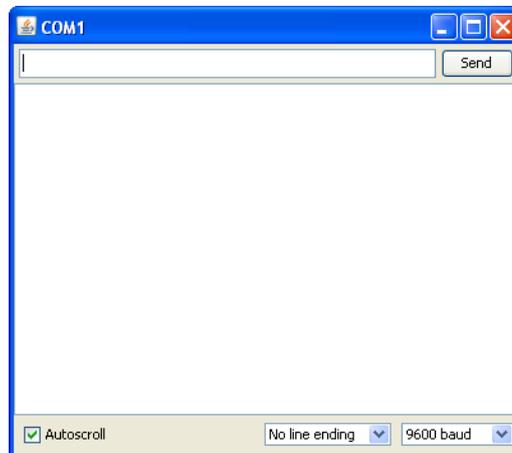
**Figura 3. 55** Ventana principal de Arduino



Fuente Arduino

La Figura 3.55 muestra el icono que se selecciona para abrir el “Serial Monitor “, al hacer click sobre el icono abre la venta de Serial Monitor que se indica en la siguiente figura.

**Figura 3. 56** Ventana Serial Monitor



**Fuente** Arduino

Al abrir la ventana automáticamente abre el puerto serial, se puede configurar los baudios que se encuentra en la parte inferior derecha, por defecto se deja a 115200 baud, ya que el modulo bluetooth bluesmirfgold por fabrica inicialmente tiene esa misma configuración en baudios para la correcta manipulación del modulo.

#### *3.3.2.1.1 Configuración local módulo bluetooth vía puerto serial*

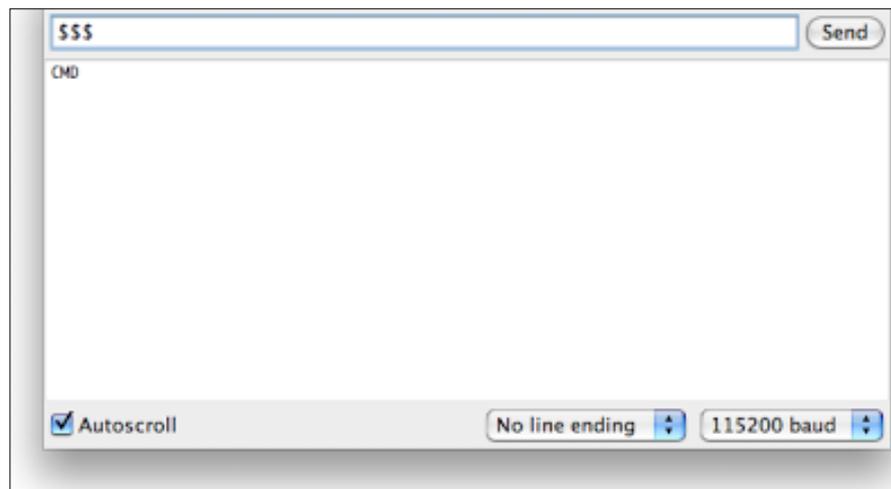
Para la configuración local para el módulo bluetooth se utiliza un puerto serial normal RS-232 mediante un cable db9 conectado al PC para enviar caracteres ASCII a través del terminal Arduino hacia el modulo bluesmirfgold. La configuración del puerto serial debe coincidir con la configuración del modulo bluesmirfgold, por defecto se establece en:

- Baud rate 115,200
- 8 bits
- No Parity
- 1 stop bit

Mediante el terminal de Arduino se envía por el puerto serial los caracteres “\$\$\$” la cual el modulo bluetooth lo recibe, luego se muestra por pantalla “CMD” como respuesta del envío, esto verifica que el cable y comunicaciones esta correctamente en funcionamiento. Los comandos validos para la configuración devolverá un “AOK”, los comandos no validos envía como respuesta “ERR”, y por ultimo comandos no reconocidos devolverá un “?”.

Para salir del modo comando se envía los caracteres “---” tres signos menos.

**Figura 3. 57** Ventana Serial Monitor (entrando modo comando)



**Fuente** Arduino

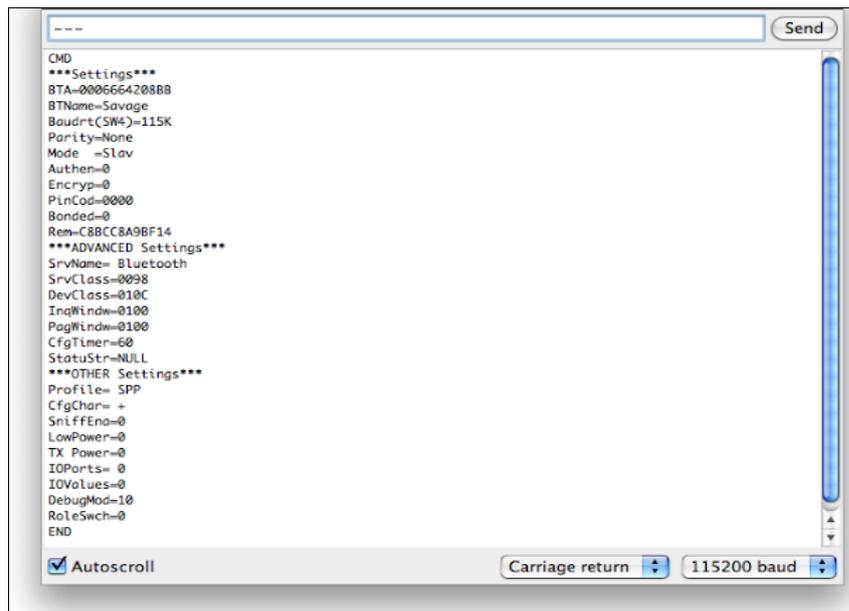
### 3.3.2.1.2 Referencia de comandos

(Sparkfun, 2013)"Los comandos más importantes para la configuración del modulo bluetooth son":

- SU, <rate>; baudios entre 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 28800, 38400, 57600, 115k, 230k, 460k, 921k, solamente los dos primeros caracteres son necesarios para la configuración. Ej. SU,96 se configura al módulo bluetooth en 9600 baud.
- D; este comando al enviar devuelve por pantalla toda la configuración realizada al módulo bluetooth

El resto de comandos ya no son necesarios, solamente se utiliza la configuración de baudios y visualización de configuración.

**Figura 3. 58** Ventana Serial Monitor fin de la configuración bluetooth



Fuente Arduino

### 3.3.3 APP DISPOSITIVO MOVIL

Un app, es la abreviatura de aplicaciones para dispositivos móviles, el programa para el desarrollo de la aplicación se llama J2ME, la cual al descargar e instalar la app en el celular de extensión \*.jar, tendrá las siguientes ventajas:

- Comunicación bluetooth con el módulo bluesmirfgold conectado al módulo Arduino.
- Control del sistema de elevación electro neumático. mediante botones de la aplicación del celular o simplemente utilizando los sensores acelerómetros del teléfono.
- Adquisición de datos de la elevación del modulo electro neumático.

## 3.4 PROGRAMACION

La programación para el proceso de control se realizo el diseño, codificación, depuración y mantener el código fuente de programas en ordenadores. El código fuente se escribió en lenguajes de programación Visual Basic .Net. El objetivo de la programación es escribir programas que exhiban un comportamiento deseado en el sistema del elevador. Se escribe el código teniendo en cuenta varias ramas,

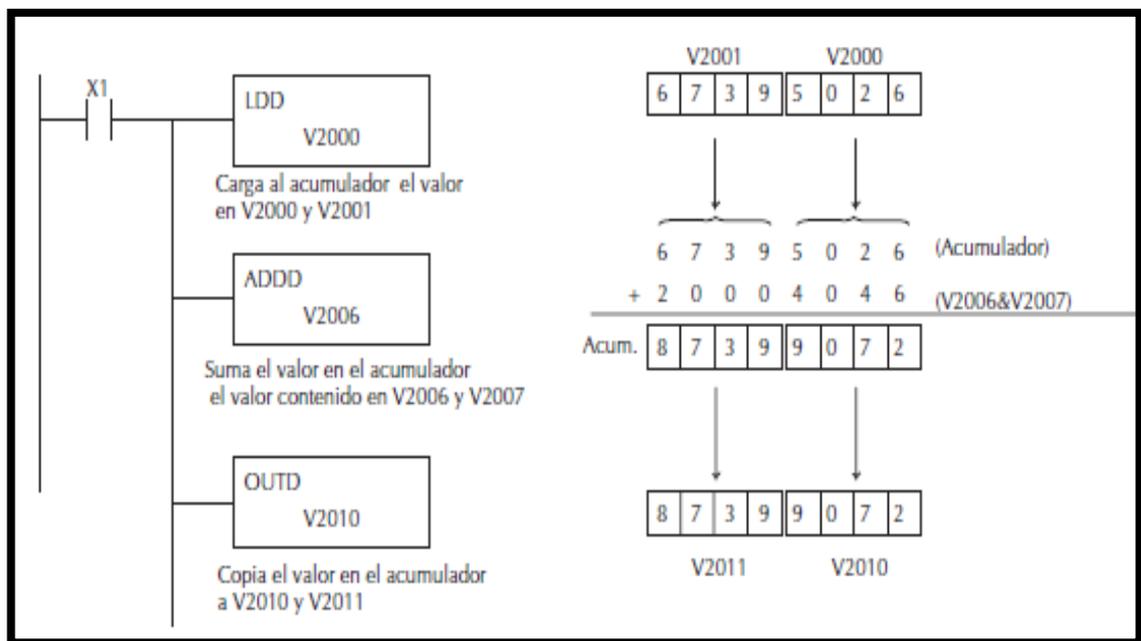
programación en .NET, programación PLC y automatización industrial. Además teniendo el dominio del lenguaje a utilizar lógica formal y algoritmos especiales. Programar no implica necesariamente otras labores tales como el diseño y análisis de la aplicación, aunque sí están fusionadas en la mejora de grandes aplicaciones.

### 3.4.1 Plc

Para la generación y transferencia del programa al PLC por medio del PC se utiliza el software DirectSoft4 de Direct Logic KOYO, la cual permite la creación de programas utilizando funciones específicas dependiendo de las aplicaciones más optimas para realizar el respectivo software.

El programa DirectSoft4 ofrece un lenguaje de programación amigable para el usuario, el lenguaje ladder o de escalera. Este lenguaje es muy sencilla al momento de programar tales que sus bloques de funciones son muy fáciles de utilizar al momento de diseñar el software para el PLC. La siguiente figura muestra un ejemplo de la programación en ladder o escalera en DirectSoft4.

**Figura 3. 59** Lenguaje Ladder DirectLogic4



**Fuente:** Manual Usuario KOYO DirectLogic 06

Para crear un programa se realiza lo siguiente:

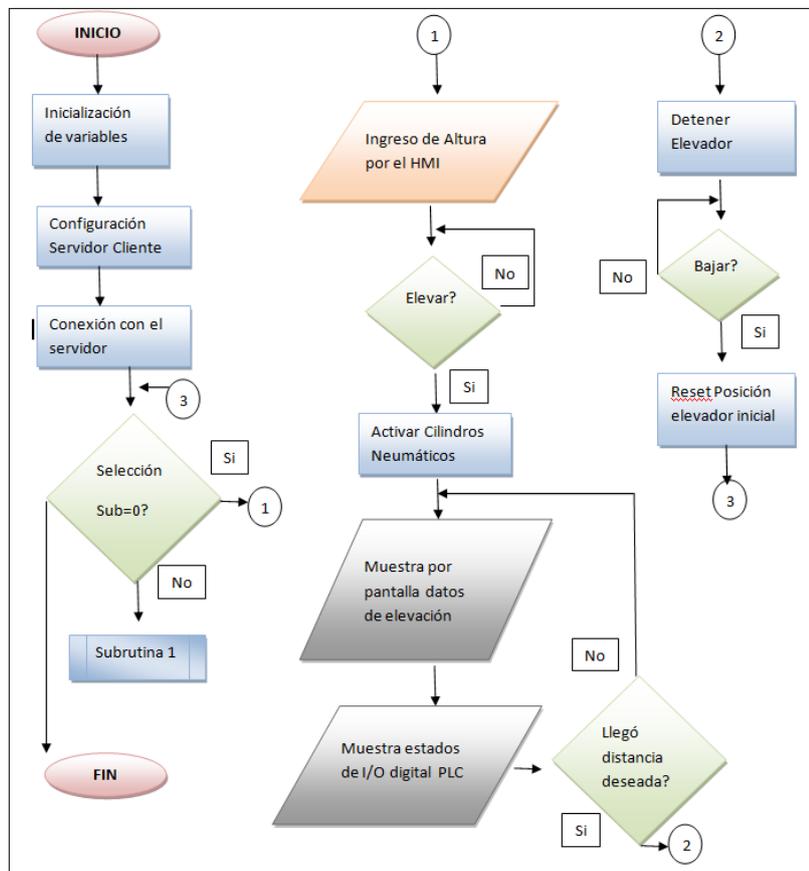
- Abrir el programa DirectSoft
- En el árbol de menú, escoger DirectSoft32.
- Poner un nuevo nombre del programa y guardar en una ubicación del disco
- Seleccionar el PLC a Utilizar DL06 y Aceptar

### 3.4.1.1 Interfaz del Usuario

La interfaz de usuario del programa DirectSoft4, se muestra en la figura 3.4.1, el espacio total es el área de trabajo donde se programa las aplicaciones para descargar al PLC.

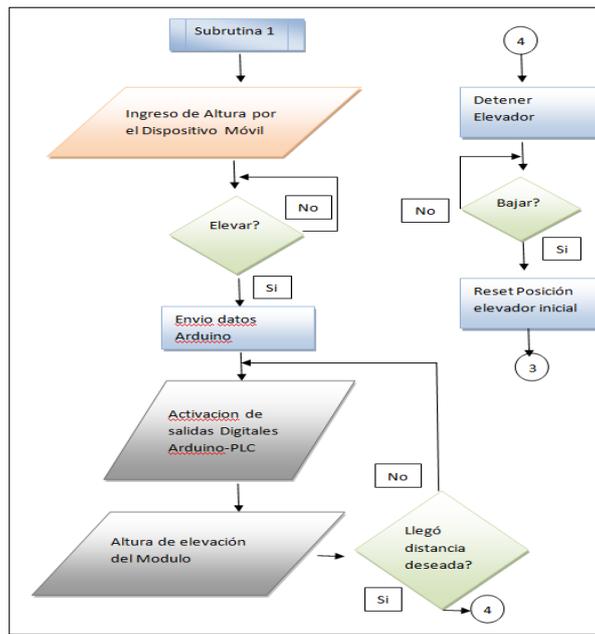
Teniendo en cuenta los diagramas de flujo o flujogramas para empezar a programar el PLC, estas se muestran en los diagramas 3.1 y 3.2, consta de subroutines asignadas para que al ser seleccionadas trabaje el modulo con el PLC-HMI o PLC-DM (Dispositivo Móvil).

**Figura 3. 60** Flujo grama subrutina 0



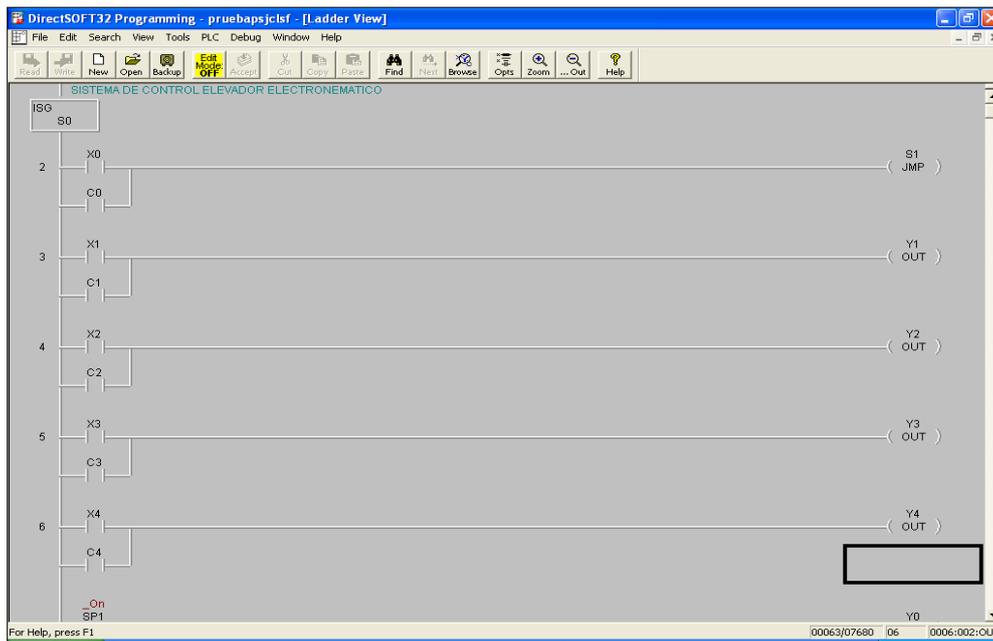
**Fuente:** Autor

**Figura 3. 61** Diagrama de flujo subrutina 1



Fuente: Autor

**Figura 3. 62** Programación PLC LADDER



Fuente DirectSOFT32

### 3.4.2 INTERFAZ HMI-PC

La interfaz por computador, controla las salidas del PLC, igual modo las entradas del mismo y visualiza la distancia de elevación por pantalla mediante la

comunicación OPC. La programación se realizó en VisualBasic.net en lenguaje Basic, optimizando recurso de programación y una interfaz amigable al usuario.

**Figura 3. 63** Interfaz HMI en VisualBasic.net



Fuente: Autor

#### 3.4.2.1 Panel de salidas digitales

El panel de salidas digitales es donde envía la información de control hacia el PLC, la cual activa una salida desde X0 hasta X10, este panel es un conjunto de imágenes ubicadas en la parte superior de la pantalla representando las salidas del PLC.

**Figura 3. 64** Panel de activación de salidas digitales PLC



Fuente: Autor

#### 3.4.2.2 Panel de entradas digitales

El panel de entradas digitales es donde recibe la información de control desde el PLC hacia la interfaz HMI del computador, la cual visualiza que cual entrada es activada en el PLC KOYO desde Y0 hasta Y10, este panel es un conjunto de

imágenes ubicadas en la parte media de la pantalla representando las entradas digitales del PLC.

**Figura 3. 65** Panel de activación de entradas digitales PLC

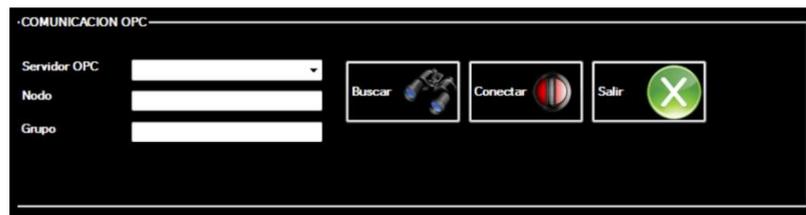


**Fuente:** Autor

### 3.4.2.3 Panel de configuración OPC

En este panel se configura el nombre de servidor a utilizar, el nombre de nodo asignado para la comunicación OPC y el nombre de grupo creado, al dar click en el botón conectar ya se procede la comunicación OPC con el PLC y PC.

**Figura 3. 66** Panel de configuración OPC



**Fuente:** Autor

#### 3.4.2.3.3 Botón buscar



Busca el servidor OPC que exista en el ordenador, en el servidor se encuentran los tags de control creados por el diseñador. Si no se presiona el botón buscar, no se podrá conectar en ningún momento el cliente al servidor, siempre y cuando se haya seleccionado el servidor existente.

#### 3.4.2.3.4 Botón conectar



Realiza la comunicación OPC con el Ordenador, siempre y cuando los parámetros de configuración se hayan colocado correctamente, caso contrario envía un mensaje de error en la comunicación.

#### 3.4.2.3.5 Botón salir



Sale del programa Elevador Electro neumático y a la vez finaliza la comunicación OPC.

### 3.4.3 DISPOSITIVO MÓVIL

La generalización en los últimos años de Smartphone, teléfonos móviles, PDAs etc., ha generado una necesidad muy importante de aplicaciones para este tipo de dispositivos.

La presentación de los dispositivos móviles se incrementa día a día facilitando la implementación de varias aplicaciones muy interesantes.

Los sistemas operativos móviles son sistemas operativos específicos para este tipo de dispositivo teniendo encuentra algunas limitaciones como:

- Para poder ahorrar energía obliga utilizar procesadores con una capacidad de computo limitada y baja frecuencia de reloj.
- El alto uso de cálculos, gráficos, sonido, conexiones inalámbricas etc. limita la vida de la batería.
- La memoria disponible es muy limitada en relación con la de un computador ordinario.
- El almacenamiento de datos persistente también es muy limitado.

Android es un sistema operativo para móviles presentado por google utiliza un Kernel Linux, la cual utiliza java con librerías nativas (no utiliza J2ME), uno de los compiladores utilizado es Netbeans.

**Figura 3. 67** Simulador Android Netbeans Aplicación Móvil



**Fuente:** Autor

Java Movil Edition (J2ME) utiliza varias plataformas, es una opción real que admite un diseño multiplataforma para dispositivos móviles. Tiene una estructura altamente modular para aplicarse a las características de cada dispositivo.

### **3.4.3.1 Configuraciones**

(Rubio, 2013)"Las configuraciones CDC y CDLC concretan el entorno mínimo necesario para la ejecución de aplicaciones java en un grupo amplio de dispositivos móviles.

Los perfiles puntualizan paquetes adicionales para resistir funcionalidades básicas necesarias de cada familia de dispositivos.

Los paquetes opcionales sirven para cubrir funcionalidades específicas: Bluetooth, soporte 3D etc".

#### *3.4.3.1.1 Configuración CDC(Connected Device Configuration)*

(Rubio, 2013)"Para PDAs de última generación o Smartphone avanzados. Requiere una máquina virtual java compatible con J2ME.

Los dispositivos que utilizan el CDC admiten tres perfiles: Foundation Profile que proporciona soporte básico de red y E/S, Personal Basic Profile, contiene todas las clases del Foundation Profile mas soporte limitado de JavaBeans, el Personal Profile incluye los dos perfiles anteriores mas soporte completo".

#### 3.4.3.1.2 Configuración CLDC(Connected Limited Device Configuration)

(Rubio, 2013)"Para dispositivos con potencia de cálculo, memoria, batería y acceso a red limitados, incluyendo una maquina virtual java reducida. Solo incluye clases básicas de java".

Figura 3. 68 Configuración CDC y CDL

```
/*
 * To change this template, choose Tools | Templat
 * and open the template in the editor.
 */
import java.io.DataInputStream;
import java.io.DataOutputStream;
import java.io.IOException;
//import java.io.PrintStream;

import java.util.Enumeration;
import java.util.Vector;
import javax.bluetooth.BluetoothStateException;
import javax.bluetooth.DeviceClass;
import javax.bluetooth.DiscoveryAgent;
import javax.bluetooth.DiscoveryListener;
import javax.bluetooth.LocalDevice;
import javax.bluetooth.RemoteDevice;
import javax.bluetooth.ServiceRecord;
import javax.bluetooth.UUID;
import javax.microedition.io.Connector;
import javax.microedition.io.StreamConnection;

import javax.microedition.lcdui.Alert;
import javax.microedition.lcdui.AlertType;
import javax.microedition.lcdui.ChoiceGroup;
import javax.microedition.lcdui.Command;
import javax.microedition.lcdui.CommandListener;
import javax.microedition.lcdui.Display;
import javax.microedition.lcdui.Displayable;
import javax.microedition.lcdui.Form;
import javax.microedition.lcdui.Gauge;
import javax.microedition.lcdui.Image;
import javax.microedition.lcdui.StringItem;
import javax.microedition.lcdui.TextField;
import javax.microedition.midlet.MIDlet;
```

Fuente: Autor

#### 3.4.3.1.3 Mobile information device profile (MIDP)

Es el perfil más común con CLDC, permite la implementación de aplicaciones con la siguiente funcionalidad: Interfaz de usuario sencilla, adaptada a móviles, Api especializado para juegos, persistencia básica Conexión por red, Sonido.

(Olmedo, 2013)"Las aplicaciones JAVA que se ejecutan en dispositivos que implementan MIDP se denominan Midlets. Un Midlet consta de al menos una clase java, que debe derivar de la clase base de abstracta javax.microedition.midlet.MIDLET.

El tiempo de ejecución de un MIDLET viene controlado por una serie de métodos definidos por el usuario".

Los paquetes opcionales en J2ME permite aprovechar todas las posibilidades del dispositivo, la más utilizada es Bluetooth Api incluida en el programa.

#### 3.4.3.1.4 MIDlets

Una aplicación MIDP requiere la implementación de un Midlet que se indica en la figura 3.68

**Figura 3. 69** Clase MIDlets en J2ME

```
package hello;

import javax.microedition.midlet.*;
import javax.microedition.lcdui.*;

public class HelloMIDlet extends MIDlet implements CommandListener {

    private Command exitCommand; // The exit command
    private Display display; // The display for this MIDlet

    public HelloMIDlet() {
        display = Display.getDisplay(this);
        exitCommand = new Command("Exit", Command.EXIT, 0);
    }

    public void startApp() {
        TextBox t = new TextBox("Hello", "Hello, World!", 256, 0);

        t.addCommand(exitCommand);
        t.setCommandListener(this);

        display.setCurrent(t);
    }

    public void pauseApp() {
    }

    public void destroyApp(boolean unconditional) {
    }

    public void commandAction(Command c, Displayable s) {
        if (c == exitCommand) {
            destroyApp(false);
            notifyDestroyed();
        }
    }
}
```

Fuente: Autor

(Olmedo, 2013)"De esta manera un MIDlet necesita la implementación de tres operaciones de la clase MIDlets:"

- *startApp()*. es llamada automáticamente cuando la aplicación debe comenzar su ejecución.
- *pauseApp()*. El dispositivo puede pedir la parada temporal de la aplicación en cualquier momento. La reanudación involucrara una nueva llamada a *startApp()* o la terminación definitiva por medio de la llamada a *destroyApp()*.
- *destroyApp()*. es llamada para solicitar la liberación de los recursos del MIDlet y otras tareas necesaria antes de su eliminación de memoria.

#### 3.4.3.1.5 *Interfaz grafica de usuario*

MIDP(Mobile information device profile) (Rubio, 2013)"permite dar una forma sencilla para desarrollar interfaces de usuario adaptada a las limitaciones de potencia de cálculo, pantalla y batería de los dispositivos móviles.

La interfaz se construye a base de distintas pantallas en lugar de ventanas o diálogos y las acciones del usuario definen la transacción de una pantalla a otra".

Se debe tener en cuenta el pequeño tamaño de la pantalla del dispositivo a la hora de diseñar la interfaz.

La mayoría de los dispositivos tiene un par de botones de acción que se puede programar para cada pantalla por defecto como se muestran en las figuras 3.69 a la 3.71.

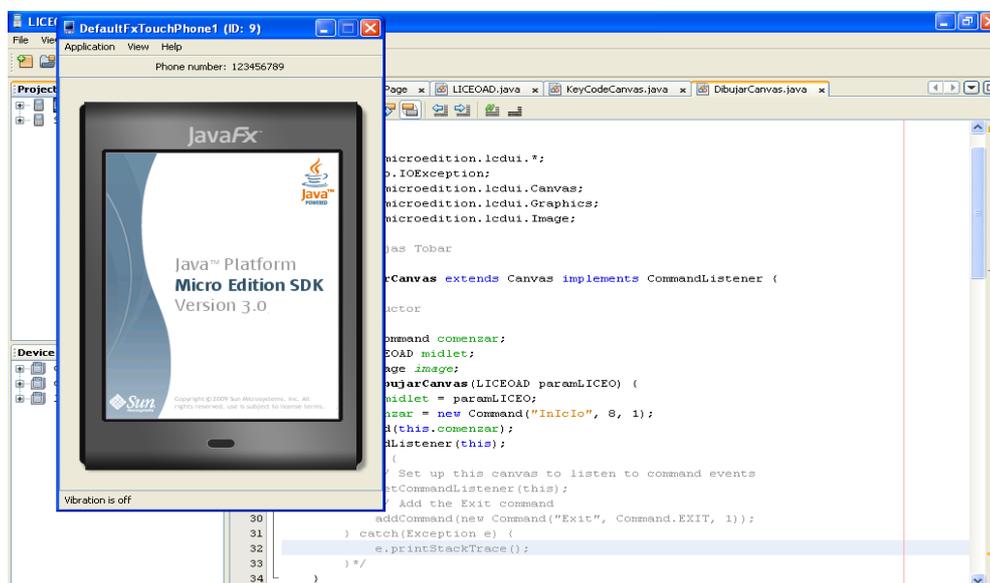
Figura 3. 70 Clase Canvas MIDP

```
import javax.microedition.lcdui.*;
import java.io.IOException;
import javax.microedition.lcdui.Canvas;
import javax.microedition.lcdui.Graphics;
import javax.microedition.lcdui.Image;
/**
 * @author Rojas Tobar
 */
class DibujarCanvas extends Canvas implements CommandListener {
    /**
     * constructor
     */
    private Command comenzar;
    private LICEOAD midlet;
    static Image image;
    public DibujarCanvas(LICEOAD paramLICEO) {
        this.midlet = paramLICEO;
        this.comenzar = new Command("InIcIo", 8, 1);
        addCommand(this.comenzar);
        setCommandListener(this);
        /* try {
            // Set up this canvas to listen to command events
            setCommandListener(this);
            // Add the Exit command
            addCommand(new Command("Exit", Command.EXIT, 1));
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        } */
    }

    /**
     * paint
     */
    public void paint(Graphics paramGraphics) {
        //g.drawString("Sample Text", 0, 0, Graphics.TOP|Graphics.LEFT);
        int i = getWidth();
        int j = getHeight();
        paramGraphics.setColor(0);
        paramGraphics.fillRect(0, 0, i, j);
    }
}
```

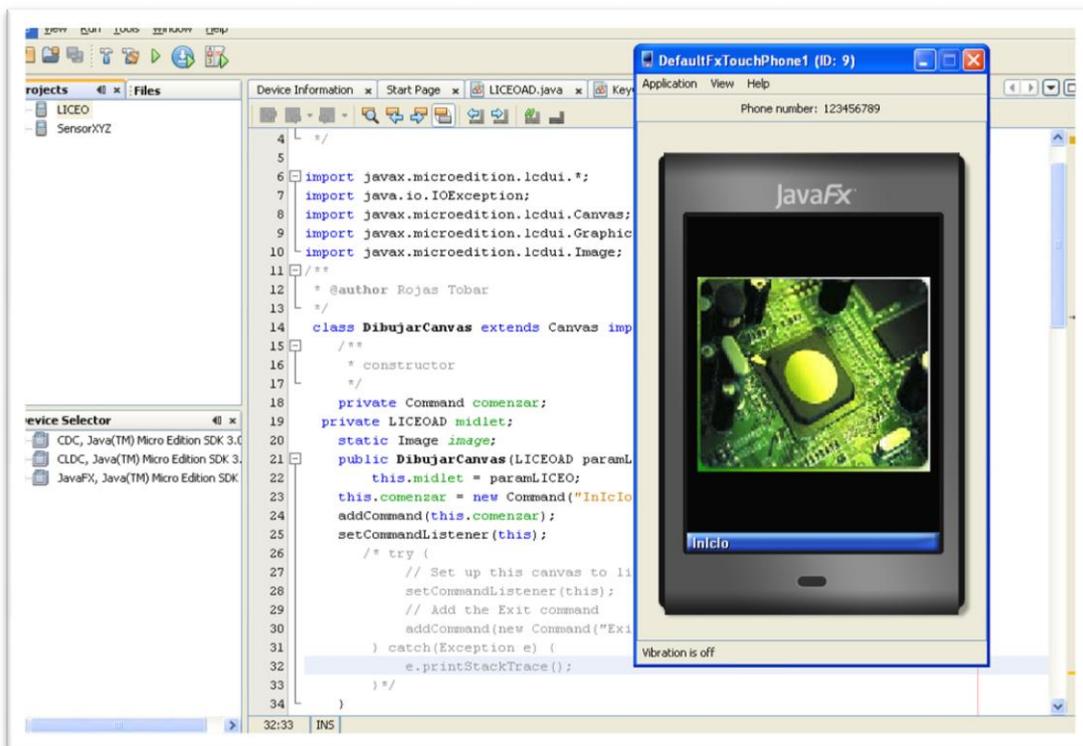
Fuente: Autor

Figura 3. 71 Simulación en J2ME pantalla inicio



Fuente: Autor

**Figura 3. 72** Simulación en J2ME pantalla principal



**Fuente:** Autor

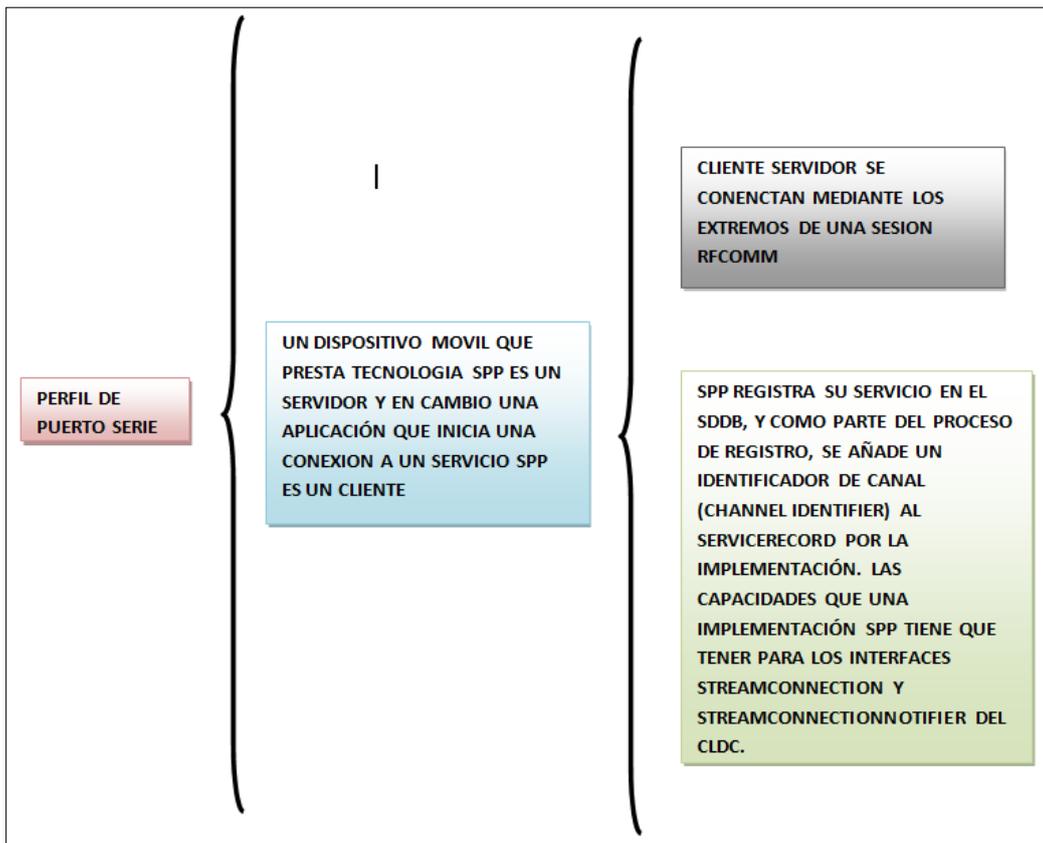
#### 3.4.3.1.6 Comunicación bluetooth (RFCOMM)

(Borches, 2013)"RFCOMM es un protocolo que entrega múltiples emulaciones de los puertos serie RS-232 entre dos dispositivos Bluetooth".

Las direcciones Bluetooth de ambos puntos terminales tienen una sesión RFCOMM. Una sesión puede tener más de una conexión, el número de conexiones dependerá de la implementación.

Un elemento o dispositivo tendrá más de una sesión RFCOMM tal que esté conectado a más de un dispositivo tal y como se muestra la figura 3.72

Figura 3. 73 Esquema general RFCOMM y SPP



Fuente: Autor

Figura 3. 74 Código Bluetooth SPP

```
this.acceso=new TextField("Datos a enviar", "", 10,0);

this.comenzar = new Command("Buscar", 8, 1);
this.principal = new Form("RX-TX Bluetooth");
this.principal.addCommand(this.comenzar);
this.principal.setCommandListener(this);
this.exit = new Command("Salir", 7, 1);
this.teclado = new Command("Teclas", 8, 1);
this.enviar = new Command("Enviar", 8, 1);
this.enviarTXT=new Command("EnviarTXT",7,1);
this.screen = new Form("Control bluetooth");
this.screen.addCommand(this.exit);
this.screen.addCommand(this.teclado);
this.screen.addCommand(this.enviar);
this.screen.addCommand(this.mueveBusqueda);
this.screen.append(this.colores);
this.screen.setCommandListener(this);

this.screen.append(this.rec);//////////
this.screen.append(this.acceso);
this.screen.addCommand(this.enviarTXT);

LocalDevice localLocalDevice = null;
try
{
    localLocalDevice = LocalDevice.getLocalDevice();
    localLocalDevice.setDiscoverable(10390323);
    this.discoveryAgent = localLocalDevice.getDiscoveryAgent();
    //Display.getDisplay(this).setCurrent(this.principal);
    Display.getDisplay(this).setCurrent(this.canvas1);
}
catch (Exception localException)
{
    localException.printStackTrace();
    Alert localAlert = new Alert("Error", "No se puede hacer uso de Bluetooth", null, AlertType.ERROR);
    Display.getDisplay(this).setCurrent(localAlert);
}
}
```

Fuente: Autor

**Figura 3. 75** Ventana de búsqueda bluetooth en simulación J2ME



**Fuente Autor**

**Figura 3. 76** Ventana de inicio búsqueda bluetooth en simulación J2ME



**Fuente Autor**

**Figura 3. 77** Ventana de no encontrar dispositivos bluetooth cercanos en simulación J2ME



**Fuente** Autor

#### 3.4.3.1.7 API sensor móvil acelerómetro

Varios dispositivos móviles están equipados con diferentes tipos de sensores. Por consiguiente, el primer paso para cualquier aplicación es averiguar qué sensores están disponibles para su uso con la API del sensor móvil.

El método `SensorManager.findSensors ()` permite a las aplicaciones para hacer esto. Este método devuelve una matriz de objetos `SensorInfo`, que contienen información sobre los sensores.

**Figura 3. 78** Código para inicializar Sensor API Acelerómetro

```
private synchronized void initSensor() {
    sensor = openSensor();
    if (sensor == null) return;
    try {
        sensor.setDataListener(this, BUFFER_SIZE);
        while(!isStopped){
            try{
                wait();
            }catch(InterruptedExcepcion ie){}
        }
        sensor.removeDataListener();
    }catch (IllegalMonitorStateException imse) {
        imse.printStackTrace();
    }catch (IllegalArgumentException iae) {
        iae.printStackTrace();
    }
    try {
        sensor.close();
    } catch(IOException ioe){
        ioe.printStackTrace();
    }
    if (isStopped) {
        sensor = null;
    }
}

private SensorConnection openSensor() {
    infos = SensorManager.findSensors("acceleration", null);
    if (infos.length==0) return null;
    int datatypes[] = new int[infos.length];
    int i = 0;
```

Fuente Autor

Para la adquisición de datos del sensor acelerómetro se utiliza la API de la figura 3.77, mediante el método `dataRecived()`, es llamada cuando exista un cambio en el sensor, los datos son enviados por el método para poder ser visualizados por pantalla y así activar las entradas digitales que el sistema dispone para la activación del modulo.

Se debe tener en cuenta que en algunos dispositivos móviles no cuentan con estos sensores, ya que al momento de ejecutarlo puede dar error.

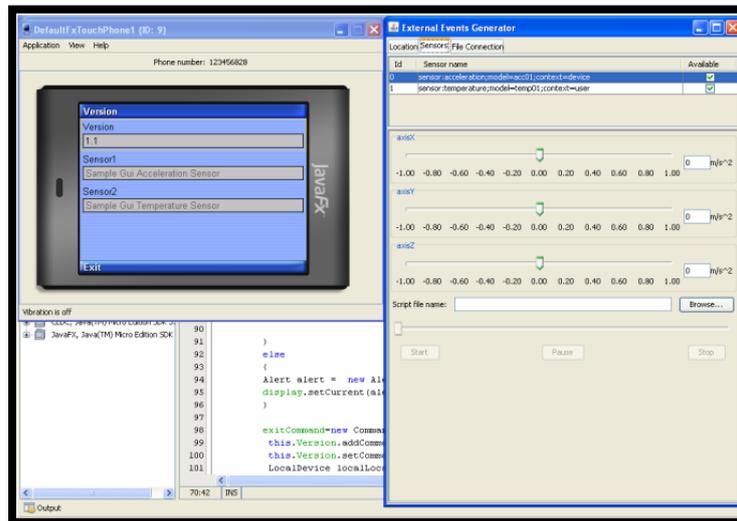
Se debe utilizar en dispositivos móviles que tenga sensores acelerómetros que puedan ser abiertos desde la API, y que no reciba ningún error para el buen funcionamiento.

Figura 3. 79 Código para adquirir datos Sensor API Acelerómetro

```
public void dataReceived(SensorConnection arg0, Data[] data, boolean arg2) {
    // throw new UnsupportedOperationException("Not supported yet.");
    String char_T=" ";
    if (!type_int) {
        double[] directions = getDirections(data);
        x = directions[0];
        y = directions[1];
        z = directions[2];
    }
    else {
        int[] directions = getIntegerDirections(data);
        x_int = directions[0];
        y_int = directions[1];
        z_int = directions[2];
        if((y_int<=61)&&(y_int>=55))
        {
            this.keyValue="Derecha";//derecha
            char_T="B";this.banderal=true;
        }
        else if((y_int>=-59)&&(y_int<=-55))
        {
            this.keyValue="Izquierda";//atras
            char_T="A";this.banderal=true;
        }
        if((x_int<=60)&&(x_int>=55))
        {
            this.keyValue="Atras";//derecha
            char_T="I";this.banderal=true;
        }
        else if((x_int>=-60)&&(x_int<=-55))
        {
            this.keyValue="Adelante";//atras
            char_T="D";this.banderal=true;
        }
    }
}
```

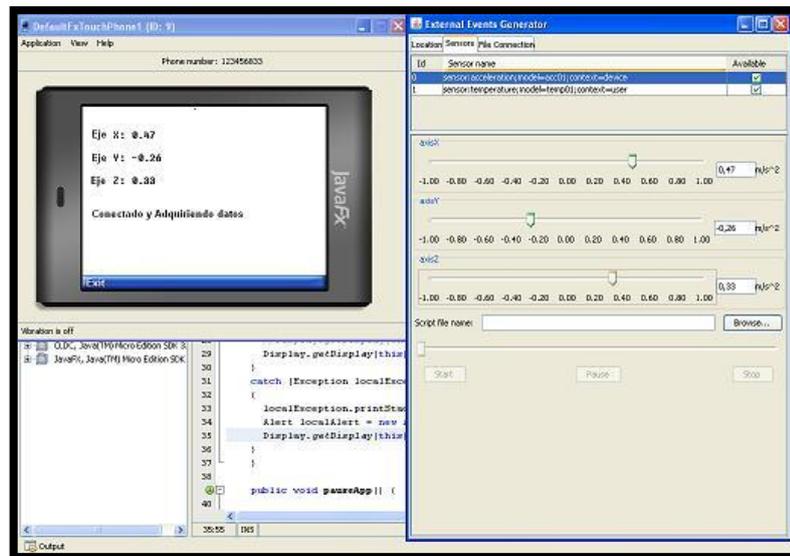
Fuente Autor

Figura 3. 80 Simulación para adquirir tipo de Sensor API Acelerómetro



Fuente Autor

**Figura 3. 81** Simulación para adquirir datos Sensor API Acelerómetro



**Fuente Autor**

Desde la aplicación J2ME, NetBeans o en cualquier otro compilador, podemos simular el resultado de la aplicación móvil, eligiendo el dispositivo a utilizar para poder simular, este es el caso donde se escoge un dispositivo móvil con pantalla Touch.

# CAPITULO IV

## CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se detalla el proceso constructivo y ensamblaje de la estructura mecánica, instalaciones neumáticas y gabinete de control.

### 4.1 MECÁNICA

En esta parte, se detalla la construcción de la estructura del elevador y la implementación de los sistemas electroneumáticos y control en el mismo.

#### 4.1.1 ESTRUCTURA

Se utiliza electrodo 6011 para unir los perfiles rectangulares de la estructura que comprende la base superior e inferior, tijeras, bases del cilindro y vástago. En la figura 4.1 se indica la base superior e inferior del equipo, y en la tabla 4.1 se indica las características mecánicas del electrodo utilizado.

**Figura 4. 1** Base superior e inferior después de soldar.



Fuente Autor

**Tabla 4. 1** Tabla de características del electrodo 6011

RESITENCIA TENSIL	LIMITE ELASTICO	ELONGACION
<b>71000 lb/in<sup>2</sup></b>	<b>60450 lb/in<sup>2</sup></b>	<b>25 %</b>

Fuente [http://www.solfumex.com/Spanish/Products/Electrodos\\_convencionales/](http://www.solfumex.com/Spanish/Products/Electrodos_convencionales/)

Una vez que se realizaron las bases superior e inferior, se procede a colocar las barras tipo tijeras, las mismas que disponen de rodamientos en los extremos para que deslice sobre la guía de la base inferior. Concluido esta fase, se procede a la pintura la estructura para protegerle de la oxidación. Figuras 4.2 y 4.3

**Figura 4. 2** Estructura del elevador



Fuente Autor

**Figura 4. 3** Puesta de rodamientos en el sistema



Fuente Autor

Los cilindros neumáticos de doble efecto son la parte fundamental del sistema, los cuales ejercen la fuerza de empuje para que empiece a elevar la carga que será colocada en la base superior. La base de fijación de los cilindros se sujeta en la base inferior de la estructura y el vástago en una de las barras tipo tijera móvil. Figuras 4.4 y 4.5

**Figura 4. 4** Cilindros Neumáticos instalados



Fuente Autor

**Figura 4. 5** Bases de fijación Vástago y Cilindro



Fuente Autor

#### **4.1.2 ELECTRONEUMÁTICA**

Los cilindros utilizados son neumáticos de doble efecto, 63 mm de diámetro del émbolo, diámetro del vástago de 20 mm, longitud de carrera de 500 mm y 10 Bar de presión máxima de trabajo. Figura 4.6

**Figura 4. 6** Cilindro Neumático Doble Efecto

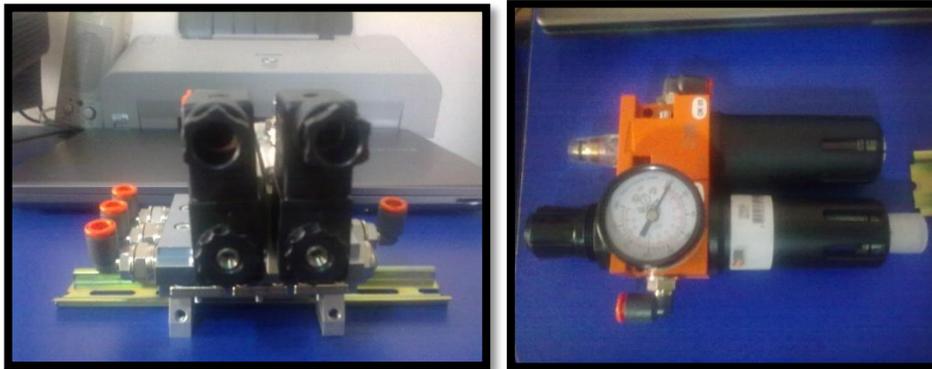


Fuente Autor

Para el control del recorrido del vástago de los cilindros se utiliza electroválvulas, permitiéndonos así controlar el avance, retroceso y posicionamiento, controlando

así la altura. Las electroválvulas son activadas desde el panel central de control o gabinete, según se indica en la figura 4.7. Para un adecuado funcionamiento de un sistema neumático, es necesario utilizar un FRL, que cumple la función de filtrar y regular el aire, así como también de lubricación con aceite de baja densidad.

**Figura 4. 7** Electroválvulas y FRL



Fuente Autor

Los elementos electroneumáticos deben ser protegidos contra el polvo, y se los coloca en un gabinete de medida 40x30x20, quedando así de una forma ordenada las conexiones de los elementos electroneumáticos.

**Figura 4. 8** Gabinete Neumático



Fuente Autor

El gabinete Neumático tiene:

1-> Regulador de Caudal

2-> FRL (Filtro regulador y lubricador)

3-> Mangueras D 8mm

4->Electroválvula 5/3

5-> Gabinete

## 4.2ELECTRICA

El cableado del gabinete de control fue armado con cables de calibre 16 y 18, los cuales se toman como referencia los siguientes colores:

Rojo ->Fase1 120 AC

Negro -> Neutro

Amarrillo -> Tierra

Azul -> +24 DC

Blanco -> Señal digital

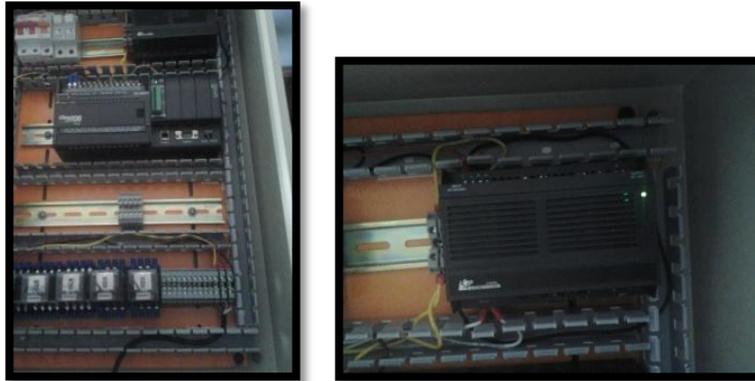
De esta manera se realizan las conexiones de los diferente elementos que se encuentran en el gabinete de control, teniendo en cuenta las protecciones como disyuntores y fusibles de 1 Amp a 2 Amp.

**Figura 4. 9** Disyuntor y fusibles



Fuente Autor

**Figura 4. 10** Conexiones del sistema de control



**Fuente** Autor

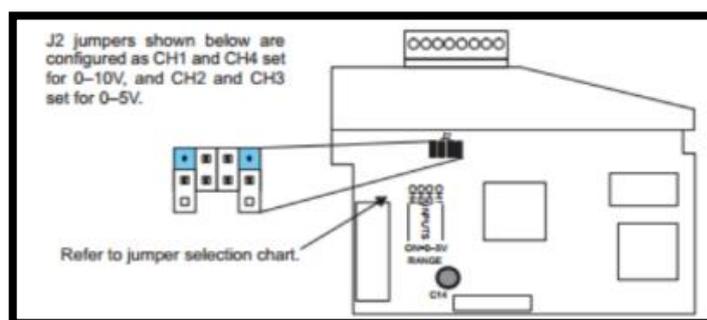
### 4.3ELECTRONICA

La electrónica es indispensable para el desarrollo del sistema de control del elevador, consta de la tarjeta conversor análogo digital Modulo F004AD-2 que va conectado junto al PLC KOYO, este dispositivo tiene 2 entrada analógicas de 5 VDC y 2 entradas analógicas de 10 VDC, útiles para la conexión de sensores.

#### 4.3.1 MÓDULO ANALOGICO

Debemos tener en cuenta las conexiones de los jumper que se encuentra en la tarjeta, estos jumpers permiten la configuración hardware de los canales analógicos de 5 o 10 VDC.

**Figura 4.11** Configuración Hardware Modulo F004AD-2

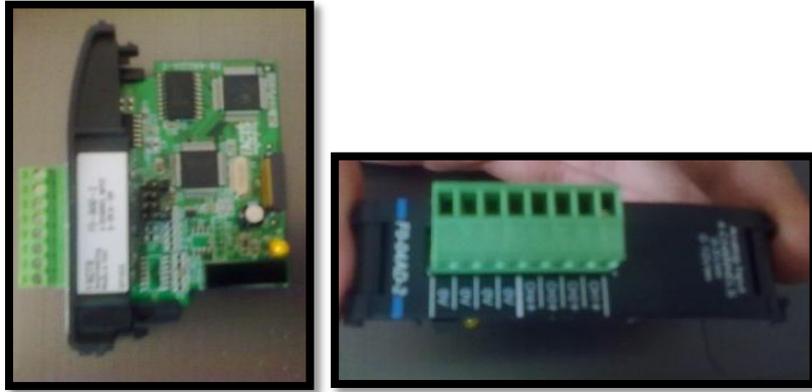


**Fuente** AutomationDirect, Catalogo General, p 5/4

Como se indica en la figura 4.11, es la configuración por defecto del fabricante, si se desea cambiar o configurar los canales analógicos es necesario tener mucho

cuidado al cambiar los puertos, ya que estos pueden sufrir daños al conectar el sensor que operan con voltajes de 10 VDC a canales de voltaje 5VDC.

**Figura 4. 11** Modulo F004AD-2



Fuente Autor

#### **4.3.2 MODULO ARDUINO**

(Reyes, Cid, & Vargas, 2013, p. 55)"El Modulo Arduino Uno es un modulo con carateristicas muy importantes, ya que esta compuesto de un microcontroador AVR Atmega328.

Este modulo tienes las siguientes caracteristicas:"

- Voltajes de operacion 5VDC
- Voltaje de entrada 12VDC
- Puertos de I/O digital 14 y 6 PWM
- Canales analogicos 6
- Velocidad 16Mhz.

El módulo Arduino es muy indispensable para la comunicación entre PLC o un dispositivo movil, ya que recibe y envia toda la informacion necesaria para el fucionaminto del módulo elevador por medio de comunicación Bluetooth.  
Figura 4.12

**Figura 4. 12** Modulo Arduino Uno en Funcionamiento



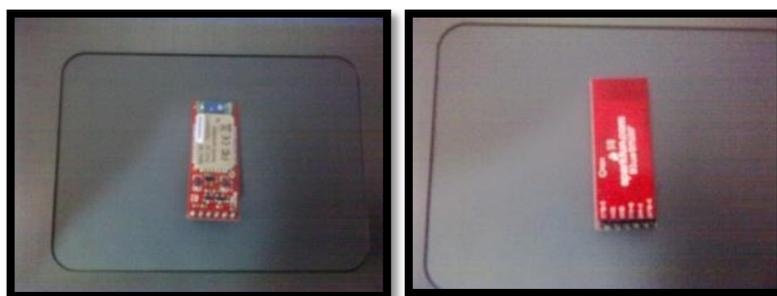
**Fuente** Autor

### **4.3.3 MODULO BLUESMIRF GOLD**

El modulo bluesmirf gold, es el modulo bluetooth de comunicacion inalambrica capaz de conectarse con dispositivos moviles y computadoras, este es el medio donde la informacion que recibe es enviada al dispositivo movil para gobernar el modulo elevador. Tiene las siguientes caracteristicas:

- Alimentacion 5VDC
- Conversor RS-232 TX-RX

**Figura 4. 13** Modulo Bluetooth



**Fuente** Autor

### **4.3.4 SENSOR MAXBOTIX**

Es un sensor ultrasónico utilizado para medir distancias, figura 4.15, su implementacion es para adquirir la altura de elevacion del modulo, información que es adquirida por la tarjeta analogica conectada junto al PLC KOYO y el modulo Arduino, visualizada en la pantalla, misma que fue programada utilizando VisualBasic.Net y tambien la aplicacion para celular.

Las características son:

- Alimentación 5VDC
- Canal Analógico 1 CH
- Puerto COM 232 RX-TX
- PWM

**Figura 4. 14** Sensor Ultrasonido MaxBotix



**Fuente** Autor

Se utiliza la señal analógica del sensor para conectar al Converso A/D y al Modulo Arduino Uno. Se debe tener en cuenta tener cuidado al momento de alimentar el sensor, ya que este es muy sensible cuando se conecta en polos opuestos se puede dañar. La tabla 4.1 facilitara la conversión de valores análogo(A) digital(D) o viceversa para el sensor ultrasonido MAXBotix.

**Tabla 4. 2** Valores de conversión análogo digital

<b>Rango</b>	<b>Si se conoce el valor digital</b>	<b>Si se conoce la señal análoga</b>
0 a 5 v	$A = \frac{5D}{4095}$	$D = \frac{4095}{5}(A)$
0 a 10v	$A = \frac{10D}{4095}$	$D = \frac{4095}{10}(A)$

**Fuente:** Plc DirectLogic 06 Analog Voltage input, Manual User, Cap 5 pag. 5-13

Siendo: A análogo y D digital.

Se debe tener en cuenta que el modulo análogo digital F0-04AD-2 está configurado a 5 voltios, descrita en la sección 4.3.1.

#### **4.3.5 MÓDULO EXPANSIÓN**

El módulo de expansión trabaja con el módulo Arduino UNO, el cual tiene las siguientes características:

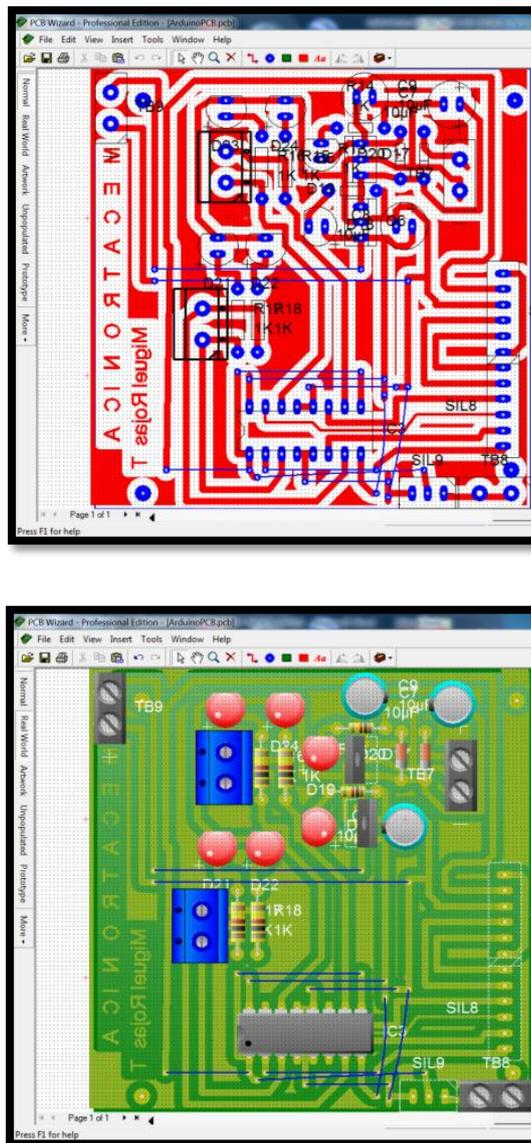
- Reguladores de voltaje 5 VDC - 12 VDC
- Conexión Modulo BluesmirfGold
- Conexión Modulo Arduino UNO
- Relés de estado sólido y Leds indicadores

El módulo de expansión es muy útil, ya que su trabajo es el de capturar las ordenes que envía y recibe el dispositivo móvil, así de esta manera el módulo Arduino transmitirlo al PLC para el control de los cilindros Neumáticos ubicados en el elevador.

El diseño de los circuitos impresos fue realizado por ordenador mediante el software PcbWizard, el cual utiliza el ruteador de las pistas con sus componentes respectivos para las placas PCB (Figura 4.16). Los componentes utilizados son:

- Diodos leds
- Condensadores de 100 uf y diodos 4004N
- Reguladores de voltaje de 5 VDC y 12VDC
- Borneras, resistencias
- Driver L293D que actúa como un relee integrado.

Figura 4. 15 Diseño Modulo de expansión vistas



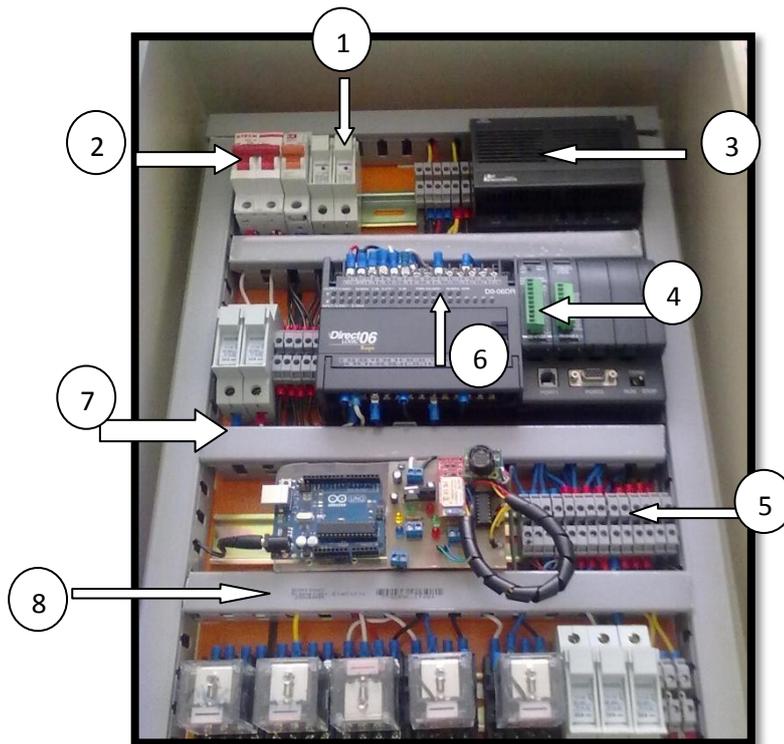
Fuente PCBWizard

## 4.4CONTROL

El sistema de control está en el interior de un gabinete de doble fondo de dimensiones 60x40x20 cm con su respectivo cableado con los sistemas indicados anteriormente, como fuentes de alimentación, controladores, actuadores, sensores y borneras.

En la figura 4.17 se indica la parte interna del gabinete de control con sus diferentes elementos que se detallan a continuación.

**Figura 4. 16** Vista interna del Gabinete de Control con sus elementos



**Fuente Autor**

1 -> Fusible

2 -> Disyuntor

3 -> Fuente de voltaje 24 VDC

4 -> Tarjeta electrónica de conversión Análogo Digital

5 -> Borneras

6 -> PLC KOYO Direct 06

7 -> Canaletas

8 -> Relés a 24 VDC

9 -> Modulo Arduino y modulo Bluetooth Sensor MaxBotix

También está colocado las luces de encendido (luz verde) y apagado (luz roja) para indicar el estado de operación del sistema. La parte externa del gabinete

tiene puerta transparente, para observar al interior del mismo los cambios de las entradas y salidas digitales que el PLC realiza, y el funcionamiento de los elementos de control como indica la figura 4.17.

**Figura 4. 17** Vista externa Gabinete de control



**Fuente** Autor

Además cuenta con una caja externa la cual está colocado la luz de activación manual y móvil (luz amarilla), pulsador para elevar en forma manual el elevador (pulsador rojo), selector para encender apagar y seleccionar en modo inalámbrico y el botón de paro de emergencia, véase la figura 4.18.

**Figura 4. 18** Caja indicadora luz piloto



**Fuente** Autor

El PLC es Koyo DirectLogic 06 el cual tiene las funciones requeridas para el desarrollo de aplicaciones para ordenador y para el control de las electroválvulas.

**Figura 4. 19** PLC KOYO sobre riel DINN



**Fuente** Autor

El PLC Koyo DirectLogic 06 consta de:

- Comunicación OPC RS232- RS485
- Entradas y salidas digitales
- Módulo de entradas analógicas
- Fuente incluida de 24 V a 2 Amp.

En la tabla 4.3 se indica las distribuciones de las configuraciones físicas del gabinete de control tanto del PLC como para el módulo Arduino UNO.

**Tabla 4. 3** Tabla de distribución PLC y Arduino

<b>I/O DIGITALES</b>	<b>CARACTERITICAS</b>	<b>FUNCION</b>
<b>PLC KOYO DIRECT SOFT</b>		
<b>I00</b>	ENTRADA DIGITAL	Activa en modo manual - dispositivo móvil
<b>I01</b>	ENTRADA DIGITAL	Mediante un pulsador comienza a elevar la estructura. Activa los cilindros neumáticos que ayudan a elevar.
<b>I02</b>	ENTRADA DIGITAL	Se activa la entrada digital que indica el avance total del vástago de los cilindros
<b>I03</b>	ENTRADA DIGITAL	Se activa la entrada digital que indica el retroceso total del vástago
<b>Q01</b>	SALIDA DIGITAL (POSICION 3 ELECTROVALVULA)	Activa la electroválvula 5/3 principal para comenzar a ascender el elevador, desactiva la electroválvula para mantener la posición requerida por el usuario
<b>Q02</b>	SALIDA DIGITAL (POSICION 1 ELECTROVALVULA)	Activa la electroválvula 5/3 principal para comenzar a descender el elevador, desactiva la electroválvula para mantener la posición requerida por el usuario
<b>AN0</b>	ENTRADA ANALOGICA	Se conecta con el sensor (MAXBOTIX) ultrasónico para la adquisición de datos de elevación
<b>TX-RX</b>	COMINICACIONES	Transmisión y recepción de datos mediante el protocolo OPC.
<b>MODULO ARDUINO UNO</b>		
<b>I0</b>	ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES	Elementos necesarios para la activación de la Electroválvula 5/3
<b>I1</b>		
<b>I2</b>		
<b>I3</b>		
<b>An0</b>	ENTRADA ANALOGICA	Conexión con el sensor ultrasónico de distancia
<b>RX-TX</b>	COMUNICACION	Comunicación serial con el modulo bluesmirf gold y el modulo arduino.

Fuente Autor

## CAPITULO V

### PRUEBAS Y RETROALIMENTACIÓN

Luego de haber realizado el dimensionamiento mecánico, neumático, el diseño de los circuitos, esquemas eléctricos y la programación de los elementos utilizados, en el presente capítulo se procede a la instalación total del módulo elevador electroneumático para realizar las pruebas de funcionalidad y calibraciones.

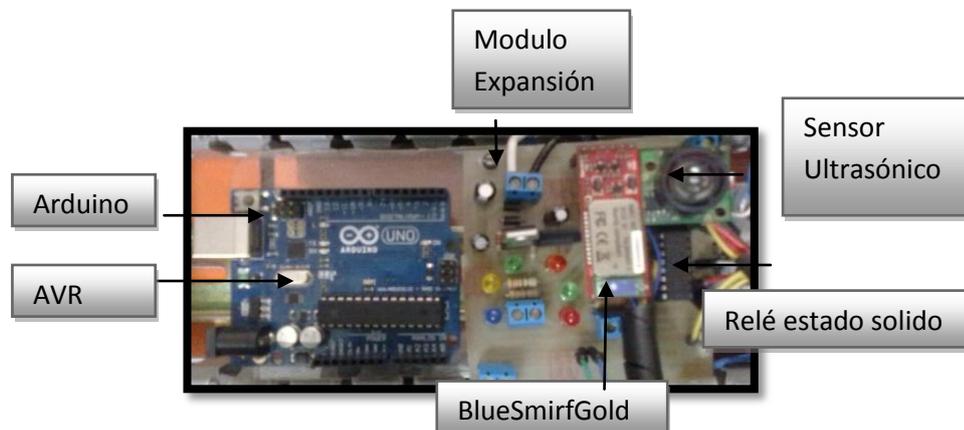
#### 5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

##### 5.1.1 MONTAJE ELECTRÓNICA CONTROL

Para la implementación del módulo de expansión Arduino se diseñó la placa del circuito tomando en cuenta las descripciones descritas en el Capítulo 4. Una vez armado la placa expansión se procedió a instalar en el gabinete de control junto al módulo Arduino en el lugar más adecuado.

En la figura 5.1 se indica la placa del módulo de expansión junto al Arduino.

**Figura 5. 1** Modulo Arduino y Expansión sobre riel DINN



**Fuente** Propia

El gabinete de control fue montado junto al gabinete Neumático sobre un pedestal, el cual se encuentra cerca de la estructura mecánica del elevador como se indica en la figura 5.2.

**Figura 5. 2** Montaje Gabinetes sobre pedestal



**Fuente Propia**

En la figura 4.18 también se puede observar el cajetín donde está ubicado el selector para el On/Off del módulo, paro de emergencia en la parte superior, selección manual y dispositivo móvil.

### **5.1.2 MONTAJE DE SISTEMAS MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS**

En el elevador intervienen varios sistemas mecánicos y neumáticos descritos anteriormente. como primer paso se procede a la instalación de los elementos mecánicos como las bases superiores e inferiores, tijeras y rodamientos para que el sistema funcione adecuadamente, también una plancha de aluminio en la parte de la base superior del mismo para una mejor movilidad del operario. Se colocó una cinta de seguridad alrededor de la estructura tal y como se muestra en la figura 5.2, para que el operario observe cual es su área de trabajo al momento de usar el modulo elevador.

**Figura 5. 3** Montaje final del elevador



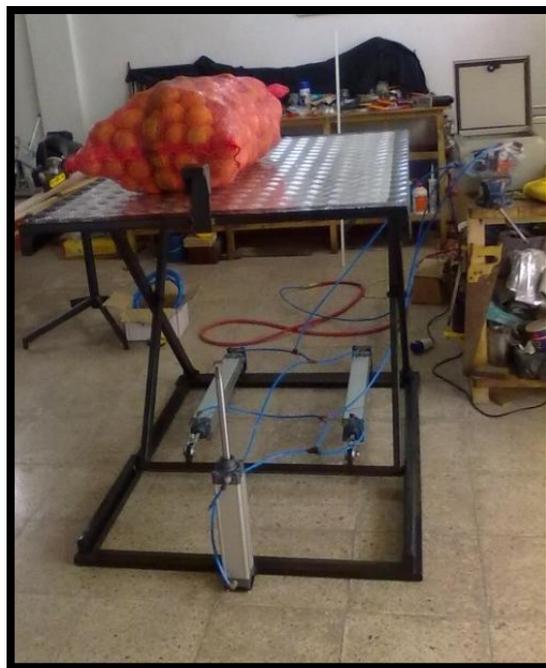
**Fuente Propia**

El elevador fue pintado de color negro, y la base de aluminio remachado para una buena sujeción del mismo.

Los cilindros neumáticos son fijados mediante pasadores y horquillas de sujeción en la parte trasera de los cilindros donde van acoplados en la parte inferior de la base de la estructura como se indica en la figura 5.4.

También se puede observar el cableado de los cilindros neumáticos a la caja neumática donde se encuentra la electroválvula 5/3 del sistema.

**Figura 5. 4** Montaje de cilindros Neumáticos



**Fuente** Propia

### **5.1.3 MONTAJE GABINETE NEUMÁTICO**

La electroválvula 5/3 se colocó en un gabinete de medidas 40x30x20 cm, así mismo van sobre una base para riel DINN junto con los reguladores de caudal y las luces indicadores de encendido, apagado y error.

La tubería de conexión se coloca en los racores que tienes codos de sujeción, estos sujetan fuertemente a la tubería para que no se salga de su sitio.

**Figura 5. 5** Montaje Gabinete Neumático



Fuente Propia

#### **5.1.4 MONTAJE HMI POR ORDENADOR**

Para la interfaz hombre maquina se instala el programa creado en VisualBasic.Net llamado Electroneumático Control en el ordenador, puede instalarse en cualquier computador que cumpla con las siguientes características mínimas del sistema:

- Windows XP o Win 7 o superior (recomendable windows XP) de 32 o 64 bits
- Disco Duro de 700 MB o superior
- Memoria RAM 512 MB o superior
- Procesador Pentium IV o superior a 3.2 GHz
- Service Pack 2

Estas características mínimas depende para el buen funcionamiento del módulo elevador.

En la pantalla principal del programa se encuentra las configuraciones del cliente para que se pueda conectar con el servidor OPC, y pueda controlar el elevador pulsando los botones que representan las salidas digitales del PLC Koyo, y también visualizar la altura de elevación cuando empieza a funcionar.

**Figura 5. 6** HMI por Ordenador



**Fuente** Propia

## **5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA**

Las pruebas de funcionamiento del sistema se realizaron utilizando cargas que van desde 40 kg hasta los 90 kg. Todas las condiciones se detallan a continuación.

- El área de implementación será de 30 metros cuadrados, espacio de trabajo del operario.
- Temperatura máx. 23° y min 7°
- Cargas a elevar objetos o personas comprendidas entre 88 lb - 198 lb.
- Las pruebas se realizar de una forma ordenada, se empezara utilizando la aplicación por ordenador `ElectroneumaticoControl.exe`, y por último mediante dispositivo móvil.

### **5.2.1 CALIBRACIÓN SENSOR MAXBOTIX**

El sensor se colocó sobre una caja de dimensiones 5x4x2 cm, e instalado en la parte inferior de la base superior del elevador, para evitar molestias durante la operación y funcionamiento. El sensor adquiere datos de altura máxima de elevación y una mínima, estas alturas les corresponden a datos digitales que

transforma la tarjeta análoga digital y el PLC envía los datos al HMI del computador por el COM OPC. en la tabla 5.1 se indican las pruebas para la calibración del sensor ultrasónico.

**Tabla 5. 1** Calibración sensor ultrasónico

<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIGITAL</b>	<b>ANALOGO</b>
MINIMA (27 cm)	42	0.64
MAX (103 cm)	224	1.83

Fuente Propia

Entonces teniendo en cuenta que:

$$Y_D = \frac{D * 103.0}{224}$$

Donde:

Y -> Elevación en cm

D -> dato digital adquirido por el sensor

Esta ecuación se traslada en el código del programa HMI creado en VB.net, así podemos determinar la altura donde se encuentra el elevador en cualquier posición.

### **5.2.2 PRUEBA DE CONTROL MEDIANTE OPC**

Para poder verificar el buen funcionamiento del sistema de control por medio de OPC se realizó mediante conexión por puerto serial utilizando un conector DB 15 conectado al ordenador.

Al utilizar el protocolo OPC no existirá errores, ya que el módulo se encuentra en el área de trabajo cerca del ordenador.

Las pruebas realizadas por medio de comunicación inalámbrica para dispositivos móviles, se utiliza el módulo bluetooth conectado en forma serial al módulo Arduino, el cual está conectado a las entradas digitales del PLC KOYO para

recibir las ordenes de elevación, paro y descenso. El rango inalámbrico para activar el modulo no debe superar el radio de 100 m y con línea de vista hacia el gabinete de control, si no existe línea de vista o se quiere controlar al modulo fuera de su alcance, no será posible controlar el módulo.

Teniendo en cuenta que el rango máximo de censado del módulo de distancia maxBotix es de 3m, la altura máxima de elevar es de 1 metro con 10 centímetros, esto se encuentra en el rango de censado.

**Tabla 5. 2** Adquisición de datos en prueba del módulo del elevador

<b>CARGA (EN Kg)</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DATO ANALÓGICO DEL SENSOR RECIVIDO POR EL PLC</b>	<b>DATO ANALÓGICO DEL SENSOR RECIVIDO POR ARDUINO</b>	<b>PUNTO MUERTO INICIAL DE ELEVACION</b>
Pesos de 40 kg, 50 kg, 60 kg, 80 kg y 90 kg	25 cm - 30cm	55 - 66	45 - 56	si
	30 cm- 45 cm	77 - 99	67 - 89	si
	45 cm - 55 cm	99 - 120	89 - 110	no
	55 cm - 60 cm	120 - 131	110 - 121	no
	60 cm- 75 cm	131 - 164	121 - 154	no
	75 cm - 80 cm	164 - 175	154 - 165	no
	80 cm - 95 cm	175 - 208	165 - 198	no
	95 cm - 100 cm	208 - 219	195 - 209	no
	100 cm - 110 cm	219 - 240	209 - 230	no

**Fuente** Propia

Teniendo un margen de error aceptable de +- 3%

# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y ANEXOS

### 6.1 CONCLUSIONES

- Durante el proceso de diseño se determinó que la fuerza máxima que deben soportar los cilindros neumáticos es de 1345.14 N, lo cual permitió seleccionar cilindros neumáticos de doble efecto con una presión de trabajo de 80 kN-m<sup>2</sup>, Garantizando así elevar la carga de 90 Kg a una altura de 1 m.
- En pruebas realizadas al elevador, con carga y sin carga, se llegó a determinar que la altura mínima con respecto al piso era de 32 cm, Cualquier disminución en altura con respecto al nivel de piso, los cilindros neumáticos no soportan la carga, provocándose un descenso brusco, causando daños en las guías y en el embolo del cilindro, así como también, no se podía elevar la carga desde esta posición mínima. Para disminuir la fatiga en el operario, se implementa un cilindro amortiguador con la siguiente finalidad, que disminuya la altura desde el nivel de piso a 23 cm, y poder incrementar la fuerza para la elevación de la carga en el tramo critico, que es de 23 a 32 cm del altura con respecto al piso.
- El software de diseño Autodesk Inventor permitió crear un prototipo del elevador de forma digital en 3D, gracias al cual se visualizó, simuló y analizó partiendo de los cálculos analíticos basados en las dimensiones estructurales, el comportamiento de los esfuerzos y deformaciones del mecanismo del elevador electro neumático que se aproximan a la realidad antes de su fabricación física, lo cual permitió corregir errores antes de que estos se presenten en el mecanismo ya construido, lo que resultaría costoso e incluso peligroso.
- El PLC KOYO en comparación al costo con respecto a otras marcas es más barato, además tiene la comunicación OPC que permitió la fácil conexión entre el programa HMI creada en VB.net con el servidor OPC, esto quiere decir que solo se conecta un servidor para varios usuarios

mediante VB.net. El HMI tiene una interfaz amigable para el usuario donde se visualiza el estado digital del PLC y los datos de elevación por pantalla.

- La aplicación creada en J2ME permitió la conexión inalámbrica por medio de bluetooth con el gabinete de control sin perder la comunicación con un alcance no superior a los 100 m, esta aplicación móvil con respecto a la HMI por el ordenador es también amigable para el usuario (fácil de usar), permite la activación del módulo utilizando botones o por medio del sensor acelerómetro del móvil y la visualización de datos de elevación por pantalla con respecto al entorno que el móvil trabaje como J2ME o ANDROID.
- El desarrollo de aplicaciones móviles sobre plataforma J2ME y Android tienen un lenguaje común que es Java, esto ayudó a programar y a utilizar APIS que permite manipular los recursos que dispone un sistema móvil como sensores de tipo acelerómetro y temperatura, así como también, comunicaciones inalámbricas con alcance de distancias cortas menores a 100 m con Bluetooth y además con alcance de distancias a los 500 m con WIFI.
- El módulo didáctico sirve para la ejecución de prácticas en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería en Mecatrónica de la UTN, la cual permite a los estudiantes de ingeniería afianzar sus conocimientos y ejercitar las habilidades en: 1) programación en VB.net por ordenador, 2) programación móvil en J2ME-Android, 3) automatización industrial y 4) dimensionamiento neumático, descritas en el manual de prácticas.

## **6.2 RECOMENDACION**

- Es recomendable para el diseño mecánico utilizar la información de materiales proporcionada directamente por las casas comerciales, debido a que esta información disponible en fuentes como internet y catálogos muchas veces contienen datos e información de materiales que no se comercializan en el mercado local.

- Las prácticas deben ser realizadas conociendo primero los principios y fundamentos teóricos del sistema, de esta manera evitará el mal uso de los dispositivos de accionamiento de los actuadores
- El elevador debe estar desconectado cuando no esté siendo utilizado y también se recomienda que el elevador permanezca en posición inicial para evitar accidentes ya que interviene fuerzas que ejercen los cilindros neumáticos.
- Es necesario revisar especialmente el ajuste de los pernos, el estado de los cilindros (vástagos especialmente), y todas las partes móviles del elevador antes de activarlo.
- Lubricar constantemente a los cilindros neumáticos, no interrumpir la lubricación, ya que podría causar daños en los mismos.
- Observar que en FRL especialmente en la parte de lubricado no esté vacía, si es así llenarlo con aceite liviano DIN 5124 o su semejante hasta el nivel indicado en la misma.
- El VB.net no es el único programa para realizar HMI por ordenador, se recomienda para las practicas en laboratorio el uso de los programas LabView e Intouch u otro software de desarrollo de HMI sencillo que soporte la comunicación OPC .
- Para el desarrollo de aplicaciones móviles se debe tener conocimientos básicos de programación en JAVA, ya que para cambiar de entorno o de plataforma de J2ME a Android el desarrollo de aplicaciones se vuelve sencilla.
- Para probar el módulo con distancias mayores a los 100 metro y que no tenga punto de vista, se recomienda utilizar comunicación Ethernet - WIFI que tiene un gran alcance superior a los 100 m teniendo en cuenta en modificar las APIS de la aplicación para que sea compatible.
- Se puede utilizar otros controladores lógicos programables como Siemens, Twido y Omron que exista en el laboratorio, considerando que se debe modificar la aplicación HMI ya que estos dispositivos trabaja con comunicación Ethernet y Rs-485.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1](s.f.). Obtenido de <http://www.ascensoresyelevadores.com/ascensores-y-elevadores-hidraulicos/>
- [2]Automation, R. (Mayo de 2013). *DeviceNet Media*. Obtenido de Allen Bradley: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/dnet-um072\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/dnet-um072_-en-p.pdf)
- [3]Bartoli. (Mayo de 2013). Obtenido de <http://www.bartolisrl.com/herramientas/elev2colectrohid.htm>
- [4]Bartoli. (Mayo de 2013). *Bartolisrl*. Obtenido de bartolisrl: <http://www.bartolisrl.com/herramientas/elev4colm.htm>
- [5]Bartoli. (Mayo de 2013). *Bartolissrl*. Obtenido de bartolisrl: <http://www.bartolisrl.com/herramientas/elevtjbajaaltura.htm>
- [6]Beer, & Jhonston. (2007). *Mecanica vectorial para ingenieros*. EEUU: MacGrawHill.
- [7]Beer, F., Jhonston, R., & Dewolf, J. (2004). *Mecanica de Materiales*. Mexico: MacGrawHill.
- [8]Borches, D. P. (Junio de 2013). <http://es.scribd.com/>. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/37669017/Bluetooth>
- [9]Budynas, N., & Shingleys. (2006). *Diseno de ingenieria mecanica*. EEUU: MacGrawHill.
- [10]FOUDATION, O. (2005). *OPC DATA ACCESS OVERVIEW*. EEUU: OPCFoudation.
- [11]Guerrero, V., Yuste, R., & Martinez, L. (2009). *Comunicaciones industriales*. Mexico: AlfaOmega.
- [12]Logic, D. (2009). *Catalogo general Direct Logic* . EEUU: DirectLogic.
- [13]MetalWork. (2013). *Catalogo de Neumatica Genaral* . Italia: MetalWork.
- [14]Miravete, A., & Arrode, E. (1996). *Transportadores y Elevadores*. Espana: Reverte S.A.
- [15]Mott, R. (2006). *Diseno de elementos de maquinas*. EEUU: Pearson Prentice Hall.
- [16]Olmedo, M. G. (Mayo de 2013). <http://decsai.ugr.es/~mgomez>. Obtenido de Decsai: <http://flanagan.ugr.es/J2ME/TOOLS/index.html>
- [17]Reyes, F., Cid, J., & Vargas, E. (2013). *Mecatronica Control y Automatizacion*. Mexico: AlfaOmega.
- [18]Rubio, J. M. (Junio de 2013). <http://www.inf.ucv.cl/>. Obtenido de inf: <http://www.inf.ucv.cl/~jrubio/docs/MII%20733/Seccion%203%20-%20J2ME.pdf>

- [19]Sanchez, V. M. (2008). *Potencia Hidraulica controlada por PLC*. Mexico: AlfaOmega.
- [20]Shigley, & Mischke. (1996). *Standard handbook of machine designe*. EEUU: MacGrawHill.
- [21]SKF. (MAYO de 2013). *SKF*. Obtenido de SKF: <http://www.skf.com/uy/products/bearings-units-housings/roller-bearings/needle-roller-bearings/drawn-cup-needle-roller-bearings/static-safety-factor/index.html>
- [22]SMC. (2003). *Neumatica*. Espana: Thomson Paraninfo.
- [23]Sole, A. C. (2011). *Neumatica e Hidraulica*. Mexico: AlfaOmega.
- [24]Sparkfun. (Febrero de 2013). Obtenido de <https://www.sparkfun.com/products/12582>

## **ANEXOS**

ANEXO A. MANUAL DE PRACTIAS, MATENIMIENTO Y PROGRAMA LADDER  
PLC

### **A1.DESARROLLO DE GUIA DE PRACTICAS**

En este apartado trata sobre el desarrollo de cada una de las practicas planteadas para el elevador electro neumático.

Las practicas descritas están totalmente pre desarrolladas de acuerdo a un formato establecido, de acuerdo a los intereses que se desarrollan en el laboratorio de Mecatrónica, en la cual consta la elaboración de hardware y software para el correcto aprendizaje y entendimiento de la comunicaciones industriales OPC, inalámbricas bluetooth, HMI, Neumática Electro neumática y Mecanismos.

#### **PRACTICA N° 1**

##### **CONTROL DEL ELEVADOR POR BLUETOOTH A TRAVÉS DE ANDROID**

**INTEGRANTES:**

**FECHA DE INICIO:**

**FECHA DE ENTREGA:**

**1. TITULO CONTROL ELEVADOR MEDIANTE SISTEMAS MOVILES**

#### **2. OBJETIVOS**

##### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una APP para Dispositivos móviles que utilicen Android para obtener una interacción con el modulo elevador electroneumático

##### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

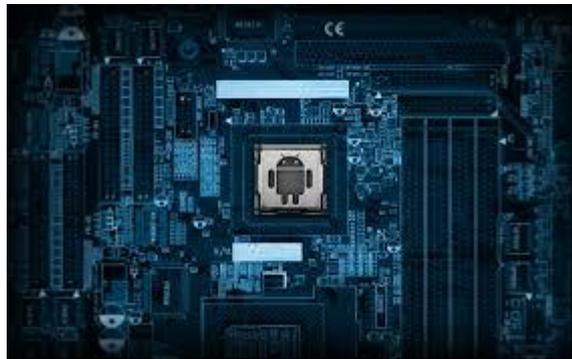
Controlar el módulo elevador por medio bluetooth utilizando el módulo bluesmirfgold.

Realizar el Programa APK en Nebeans para el sistema móvil android que lo soporte.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **SISTEMAS MOVILES**

Un sistema móvil son programas generadas en compiladores, tal que estos tenga una función u actividad específica. Uno de las plataformas que existen son los Android, al lograr compilar un programa móvil o APP, genera un instalador ejecutable que tiene como nombre \*.APK.



#### **BLUETOOTH**

Es una red inalabrica que permite la conexion con dispositivos que no supere un rango de 100m.

### **4. LISTADO DE MATERIALES Y EQUIPOS**

Módulo Elevador electroneumático

Dispositivo móvil que soporte Android

### **5. PROCEDIMIENTO**

- Para empezar a programar el APK para android empezamos a instalar los plugins en Netbeas para cualquier version realizando los siguientes pasos:

\* Abrir NetBeans

\*Ir al Menu Tools -> Plugins esperar a que la ventana se cargue y entrar a la pestaña Settings

\*En la siguiente ventana usar el campo Name y colocar NBAndroid

\*Marcar la casilla Check for updates automatically

\* Por último, en el campo URL, copiar la siguiente dirección que corresponde a:  
<http://deadlock.netbeans.org/hudson/job/nbandroid/lastStableBuild/artifact/build/updates/updates.xml>

- Realizar la programación en Arduino

```
/*******interrupcion desvorde timer1 *****//*****//
ISR(TIMER1_OVF_vect)    // interrupt service routine
{
    digitalWrite(ledPin, digitalRead(ledPin) ^ 1);

    sensorValue= analogRead(sensorPin);
    //outputValue=map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);

    outputString=String(sensorValue)+"!";
    Serial.print(outputString) ;
    //val1++;
    TCNT1 = timer1_counter; // preload timer
}
/*******Conversion strinf a float*****//*****//
float StrToFloat(String str){
    char carray[str.length() + 1]; //determine size of the array
    str.toCharArray(carray, sizeof(carray)); //put str into an array
    return atof(carray);
}
void loop() {
    if (stringComplete) {
        if(asciiChar)
        {
            val_ascenso=StrToFloat(inputString);

            while()
            asciiChar=false;
            //Serial.print(val_ascenso) ;

        }
        inputString = "";
        stringComplete = false;
    }
}
```

- Programacion .APK en Netbeans

```
package app.NBAndroid;
import java.util.Set;
import android.app.Activity;
import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
import android.bluetooth.BluetoothDevice;
```

```

import android.content.BroadcastReceiver;
import android.content.Context;
import android.content.Intent;
import android.content.IntentFilter;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.view.Window;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.widget.AdapterView;
import android.widget.AdapterView.OnItemClickListener;
import android.widget.ArrayAdapter;
import android.widget.Button;
import android.widget.ListView;
import android.widget.TextView;
import android.widget.AdapterView.OnItemClickListener;
/**
 *
 * @author Rojas Tobar
 */
public class DeviceList extends Activity {
public static String EXTRA_DEVICE_ADDRESS = "device_address";

// Member fields
private BluetoothAdapter mBtAdapter;
private ArrayAdapter<String> mPairedDevicesArrayAdapter;
private ArrayAdapter<String> mNewDevicesArrayAdapter;
/** Called when the activity is first created. */
@Override
public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
super.onCreate(savedInstanceState);
// ToDo add your GUI initialization code here
requestWindowFeature(Window.FEATURE_INDETERMINATE_PROGRESS);
setContentView(R.layout.device_list);

// Set result CANCELED incase the user backs out
setResult(Activity.RESULT_CANCELED);

// Initialize the button to perform device discovery
Button scanButton = (Button) findViewById(R.id.button_scan);
scanButton.setOnClickListener(new OnClickListener() {
public void onClick(View v) {
doDiscovery();
v.setVisibility(View.GONE);
}
});

// Initialize array adapters. One for already paired devices and
// one for newly discovered devices
mPairedDevicesArrayAdapter = new ArrayAdapter<String>(this, R.layout.device_name);
mNewDevicesArrayAdapter = new ArrayAdapter<String>(this, R.layout.device_name);

// Find and set up the ListView for paired devices
ListView pairedListView = (ListView) findViewById(R.id.paired_devices);
pairedListView.setAdapter(mPairedDevicesArrayAdapter);
pairedListView.setOnItemClickListener(mDeviceClickListener);

// Find and set up the ListView for newly discovered devices
ListView newDevicesListView = (ListView) findViewById(R.id.new_devices);
newDevicesListView.setAdapter(mNewDevicesArrayAdapter);
newDevicesListView.setOnItemClickListener(mDeviceClickListener);

// Register for broadcasts when a device is discovered
IntentFilter filter = new IntentFilter(BluetoothDevice.ACTION_FOUND);
this.registerReceiver(mReceiver, filter);

// Register for broadcasts when discovery has finished

```

```

filter = new IntentFilter(BluetoothAdapter.ACTION_DISCOVERY_FINISHED);
this.registerReceiver(mReceiver, filter);

// Get the local Bluetooth adapter
mBtAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();

// Get a set of currently paired devices
Set<BluetoothDevice> pairedDevices = mBtAdapter.getBondedDevices();

// If there are paired devices, add each one to the ArrayAdapter
if (pairedDevices.size() > 0) {
    findViewById(R.id.title_paired_devices).setVisibility(View.VISIBLE);
    for (BluetoothDevice device : pairedDevices) {
        mPairedDevicesArrayAdapter.add(device.getName() + "\n" + device.getAddress());
    }
} else {
    String noDevices = getResources().getText(R.string.none_paired).toString();
    mPairedDevicesArrayAdapter.add(noDevices);
}
}
@Override
protected void onDestroy() {
    super.onDestroy();

    // Make sure we're not doing discovery anymore
    if (mBtAdapter != null) {
        mBtAdapter.cancelDiscovery();
    }

    // Unregister broadcast listeners
    this.unregisterReceiver(mReceiver);
}

/**
 * Start device discover with the BluetoothAdapter
 */
private void doDiscovery() {

    // Indicate scanning in the title
    setProgressBarIndeterminateVisibility(true);
    setTitle(R.string.scanning);

    // Turn on sub-title for new devices
    findViewById(R.id.title_new_devices).setVisibility(View.VISIBLE);

    // If we're already discovering, stop it
    if (mBtAdapter.isDiscovering()) {
        mBtAdapter.cancelDiscovery();
    }

    // Request discover from BluetoothAdapter
    mBtAdapter.startDiscovery();
}

// The on-click listener for all devices in the ListViews
private OnItemClickListener mDeviceClickListener = new OnItemClickListener() {
    public void onItemClick(AdapterView<?> av, View v, int arg2, long arg3) {
        // Cancel discovery because it's costly and we're about to connect
        mBtAdapter.cancelDiscovery();

        // Get the device MAC address, which is the last 17 chars in the View
        String info = ((TextView) v).getText().toString();
        try {
            // Attempt to extract a MAC address
            String address = info.substring(info.length() - 17);

```



## **7. TABULACION Y RESULTADOS**

Siguiendo los pasos anteriores para el desarrollo del APK para android, podemos controlar el modulo elevador, accionamiento mediante los botones que se muestran en el entorno de ejecución y también por medio del sensor de inclinación.

## **8.CONLCUSIONES**

Se aplico el control mediante sistemas móvil programado en android, con una distancia no superior a 100m con punto de vista.

## **9.BIBLIOGRAFIA**

FERNADO REYES, MECATRONICA Y AUTOMATIZACION 2013

## **10. CUESTIONARIO**

\* Cual es lenguaje utilizado para los sistemas Android?

\*Para facilitar la programación en Android se utiliza un compilador, Cual es el nombre del mismo?

\*Cual es el código que permite la conexión en bluetooth con otros dispositivos microprocesados?

\*Que significa la extensión de archivo \*.APK y APP?

## **PRACTICA N° 2**

### **CONTROL DEL ELEVADOR POR COMANDOS DE VOZ**

**INTEGRANTES:**

**FECHA DE INICIO:**

**FECHA DE ENTREGA:**

**1. TITULO** PROGRAMACION EN NETBEANS PARA EL CONTROL DEL MODOLU POR COMANDOS DE VOZ

**2. OBJETIVOS**

## 2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una APP para el modulo elevador electro neumático para el control por medio de comandos de voz

## 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

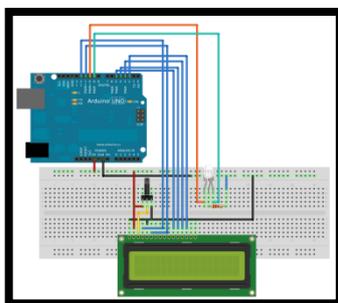
Controlar el módulo elevador por medio bluetooth utilizando el módulo bluesmirf gold.

Utilizar los comandos de voz para el accionamiento inalámbrico del sistema.

## 3. MARCO TEORICO

### COMUNICACION SERIAL

La comunicación serial es un protocolo muy común (no hay que confundirlo con el Bus Serial de Comunicación, o USB) para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier dispositivo microprocesado como se indica en la figura.



### LIBRERIAS DE NETBEANS

Netbeans es un compilador que permite programar y depurar aplicaciones para ordenador y para sistemas móviles. Las librerías de comunicaciones se puede realizar agregando la librería en el menú de opciones del programa.



#### 4. LISTADO DE MATERIALES Y EQUIPOS

Módulo Elevador electro neumático

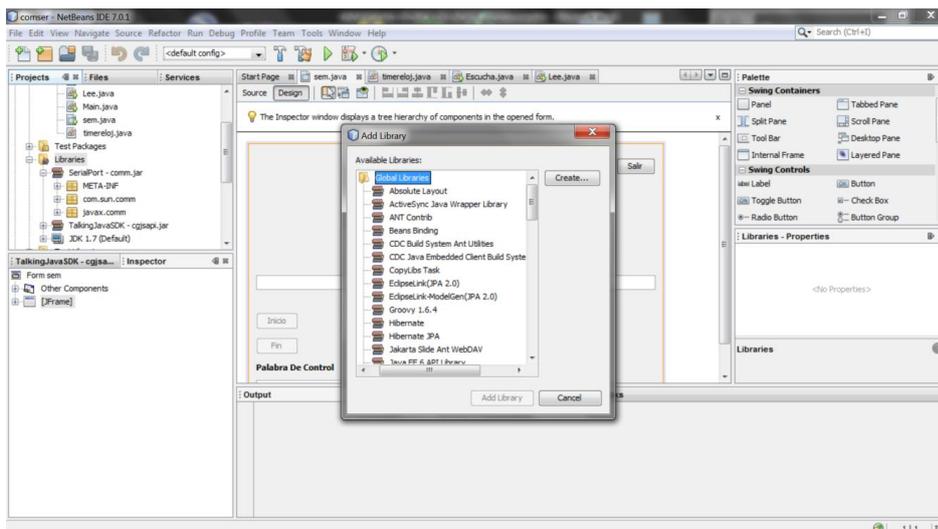
Módulo Arduino Uno

#### 5. PROCEDIMIENTO

Para empezar a programar la aplicación en netbeas debemos instalar las librerías necesarias para poder utilizar APIS en el sistema, las librerías son: 1) librería para comandos de voz TalkingJavaSDK.jar y 2) SerialPort.jar para la comunicación RS-232 descargando las librerías en los links que se encuentra en la bibliografía.

Para la instalación de las librerías se debe copiar los archivos comm.jar y la cgjsapi.jar en la dirección de java C:/Archivos de programa/java/jre/lib

En netbeans se debe adicionar estas librerías como indican la figura



Luego se procede a ingresar el siguiente código:

```

package comser;
import java.io.*; //importacion de librerias (para manipulara datos de I/O)
import java.util.*; //importacion de libreria para obtener el listado de los eventos del serialComm
import java.util.logging.Level;
import java.util.logging.Logger;
import javax.comm.*; //Libreria importante para la manipulacion del Puerto
//serial y paralelo. (para el control de BAUD, OPEN, CLOSE, etc).

import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
//import javax.swing.DefaultListModel;
import javax.speech.EngineException;
import javax.speech.EngineStateException;
import javax.swing.Timer;

/**
 *
 * @author Rojas Tobar
 */
//*****Clase principal Del JFrame*****//
public class sem extends javax.swing.JFrame implements Runnable, SerialPortEventListener {
    /** Creates new form sem */
    // DefaultListModel dim= new DefaultListModel();
    static String data = " ";
    static String data1;
    //int cont=0;
    static CommPortIdentifier portId; //variable para la identificacion del puerto
    static CommPortIdentifier saveportId; //variable para salvar el puerto encontrado
    static Enumeration portList; //enumera los eventos existentes del COM

    -----
    InputStream      inputStream; //obtencion de datos de entrada
    SerialPort        serialPort; // objeto serialPort
    Thread            readThread; //retardos

    static String    messageString = "Hello, world!"; //mensaje que se escribira en el puerto
    static OutputStream outputStream; //escritura de datos (salida de datos)
    static boolean   outputBufferEmptyFlag = false; //bandera de interrupcion de escritura

    public ActionListener
        actionListener = new ActionListener() {
        public void actionPerformed(ActionEvent actionEvent) {
            //System.out.println("Hello World Timer");
            String fechayhora = String.valueOf(new Date());
            jLabel3.setText(fechayhora);
            // jTextField2.setText(data);

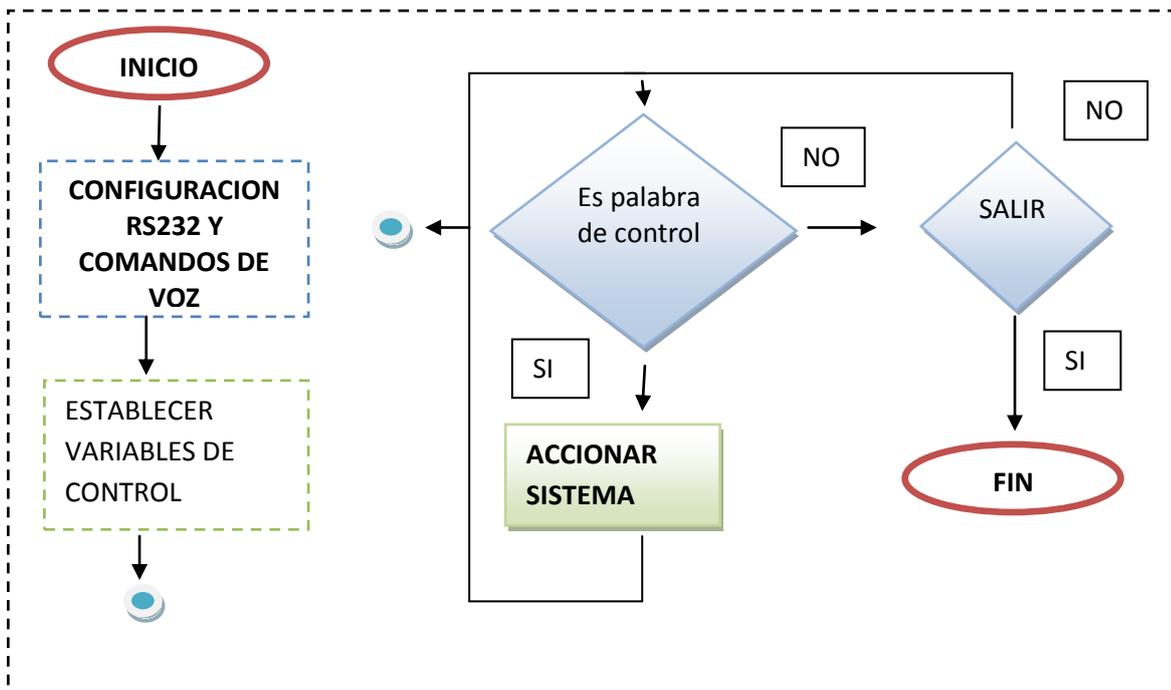
            if ( Escucha.plc!="") {
                // cont++;
                // jTextField1.setText(data+cont);
                jTextField3.setText(data);
                if (data.equals("Luces on ") )
                {
                    messageString="Lo "; //nueva palabra para enviar al puerto
                    writetoport();
                }
                else
                {
                    if (data.equals("Luces off ") )
                    {
                        messageString="Lf "; //nueva palabra para enviar al puerto
                        writetoport();
                    }
                    else
                    {
                        if (data.equals("Adelante ") )
                        {
                            messageString="F "; //nueva palabra para enviar al puerto
                            writetoport();
                        }
                        else
                        {
                            if (data.equals("Atras ") )
                            {
                                messageString="A "; //nueva palabra para enviar al puerto
                                writetoport();
                            }
                            else
                            {
                                if (data.equals("Giro Derecha ") )
                                {
                                    messageString="D "; //nueva palabra para enviar al puerto
                                    writetoport();
                                }
                                else
                                {
                                    if (data.equals("Giro Izquierda ") )
                                    {
                                        messageString="I "; //nueva palabra para enviar al puerto
                                        writetoport();
                                    }
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

Ejecutando el compilador tendremos la siguiente ventana:



## 6. DIAGRAMAS Y FIGURAS



Utilizando la aplicación para accionar el modulo elevador, el sistema responde a los comandos programados en JAVA en forma inalámbrico por medio de la comunicación bluetooth. El programa para Arduino es el mismo para esta practica

## 8.CONCLUSIONES

Se controlo el sistema mediante comandos de vos de forma inalámbrica a un alcance no superior a los 100 m

## **9.BIBLIOGRAFIA**

<http://192.168.10.1/login?dst=http%3A%2F%2Fcmop17.wordpress.com%2F2010%2F06%2F09%2Fjavareconocimiento-y-sintetizacion-de-voz-con-cloud-garden-talkingjava-sdk-with-java-speech-api-implementation%2F>

## **10.CUESTIONARIO**

- \*Indique las librerías utilizadas en el programa
- \*Qué es la norma RS232 y que similitud tiene con la 485?
- \*Cuál es el código que realiza la conexión de forma serial?
- \*Cuál es el código que realiza la transmisión y recepción de datos?
- \*Cuál es la configuración de la comunicación serial?
- \*Nombre y define los tipos de redes industriales.

## **PRACTICA N° 3**

### **SELECCION DE CILINDROS NEUMATICOS EN MATLAB**

**INTEGRANTES:**

**FECHA DE INICIO:**

**FECHA DE ENTREGA:**

**1. TITULO** DIMENSIONAMIENTO DE CILINDROS NEUMATICOS EN MATLAB

### **2. OBJETIVOS**

#### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una GUI para el dimensionamiento y selección de cilindros neumáticos enfocado a la marca MetalWork

#### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Ingresar datos de fuerza en N, carrera vástago en mm y diámetro en mm para la selección de cilindros neumáticos

Seleccionar y compara los datos obtenidos en el catalogo de MetalWork

Estudiar los elementos que existan en un circuito neumático

### 3. MARCO TEORICO

#### NEUMATICA

Estudia el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para aplicar en mecanismos que necesita movimiento.



#### CILINDROS NEUMATICOS

Sirven para generar fuerzas en una sola dirección, en su interior se forma de embolo, vástago y amortiguadores, la cual entra aire comprimido y empieza a empujar al embolo formando una fuerza en el vástago. Existen dos tipos de cilindros de simple efecto y de doble efecto. Para el control de posición de vástago se utiliza una electroválvula de 5 vías a 3 posiciones y para dar mayor seguridad se coloca un frenado de vástago.

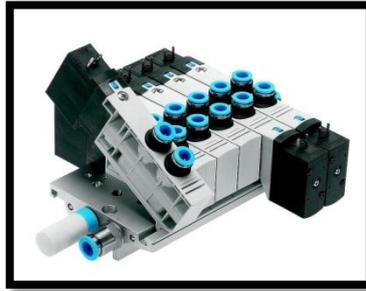


#### COMPRESOR

Es una maquina generadora de aire comprimido, se utiliza en la elaboración de circuitos neumáticos, por lo general la máxima capacidad de generación es de 8 bares o de  $80 \text{ kN-m}^2$

## ELECTROVALVULAS

Son dispositivo para el accionamiento de actuadores neumáticos como cilindros y motores, la activación es de forma eléctrica. se constituye según las vías y posiciones que tiene: 2/2 dos vías/dos posiciones, 3/2 tres vías/dos posiciones, 4/2 cuatro vías/dos posiciones, 5/2 cinco vías/dos posiciones, 5/3 cinco vías/tres posiciones



## 4. LISTADO DE MATERIALES Y EQUIPOS

Aplicación en Matlab para la selección de cilindros neumáticos

## 5. PROCEDIMIENTO

Para utilizar la aplicación de selección de cilindros neumáticos se debe ingresar los datos de fuerza, carrera y diámetro de vástago, ingresados estos datos se da click en calcular como se indica en la figura.

COEFICIENTE K POR LONGITUD LIBRE EN FUNCIÓN DE LA FIJACION

<input type="radio"/> k=2		2
<input type="radio"/> k=0.7		0.7
<input type="radio"/> k=0.5		0.5
<input type="radio"/> k=2		2
<input checked="" type="radio"/> k=1		1
<input type="radio"/> k=1.5		1.5

INGRESO DATOS INICIALES

Fuerza aplicada en [N]

Carrera Vástago en [mm] c

Diámetro Vástago en [mm]

Resultados

DIÁMETRO MÍNIMO VÁSTAGO  $\geq$

FUERZA APLICADA  $\leq$

$S \geq \frac{4 F c^2 k^2}{\sqrt{20350}}$

$F_{aplicada} \leq \frac{20350 \sigma^4}{c^2 k^2}$

Los resultados indicados satisfacen a las inecuaciones, diríjase al catálogo METALWORK y selecciónalos cilindros en tablas [www.MetalWork.com](http://www.MetalWork.com)

CALCULAR BORRAR SALIR

## 6. CUESTIONARIO

- \*Qué es la Neumatica?
- \*Cómo se obtiene el aire comprimido?
- \*Cuál es el elemento para controlar la posición de vástago de un cilindro neumático?
- \*Cuál es el elemento para realizar un bloqueo de vástago y como funciona?
- \*De qué forma se eligen las electroválvulas y cual son sus partes?
- \*Cuáles son los tipos de cilindros neumáticos?
- \*Cómo seleccionar un cilindro Neumático?
- \*Cómo se componen un circuito Neumática?
- \*Diferencias entre Neumática e hidráulica?

## **7. BIBLIOGRAFIA**

<http://guayaquil.olx.com.ec/compresores-de-aire-neumatica-automatizacion-electro-neumatica-solenoides-cilindros-neumat-iiid-433183503#>

## **DESARROLLO MANUAL TÉCNICO**

Para usar el elevador se debe seguir las instrucciones de uso:

- Verifique que el elevador no tenga partes bloqueadas.
- Verifique en el gabinete de control se encuentre funcionando.
- Conectar la toma blindada en línea de 120V a 60Hz
- En la caja externa seleccionar el encendido del gabinete de control
- Procurar que las cargas que va elevar no superen los rangos establecidos de 40 kg hasta los 90 kg..
- Abrir el ejecutable ElevadorElectroneumati.exe incluido, conectarse con el servidor y hacer funcionar el elevador aplicando las alturas necesarias en rangos establecidos de 27 cm a 110 cm.
- Pulsar el botón reiniciar para que el elevador descienda, y se vuelva a realizar pruebas.

En caso de realizar las pruebas de accionamiento del elevador con dispositivos móviles, con el mismo selector de la caja externa utilizarla para el cambio móvil, también existe un botón y una luz indicadora del cambio y realizar los siguiente.

- Verifique que el elevador no tenga partes bloqueadas
- Conectar la toma blindada en línea de 120V a 60Hz
- Seleccionar en forma Dispositivo Móvil para controlar mediante el celular.
- Abrir la App móvil y conectarse mediante bluetooth.

- Una vez conectado envié los datos de altura a elevar.
- Se puede ir a otro subMenu para controlar el elevador mediante pulsadores visuales en el móvil y también usar el sensor acelerómetro integrado en el mismo.
- En la caja externa presione el pulsador, el cual eleva hasta llegar a la máxima altura, vuelva a pulsar para bajada y llegar a la mínima altura, puede dejar de pulsar para que el elevador se detenga.

### **PRECAUCIONES PARA EL MANEJO DEL ELEVADOR**

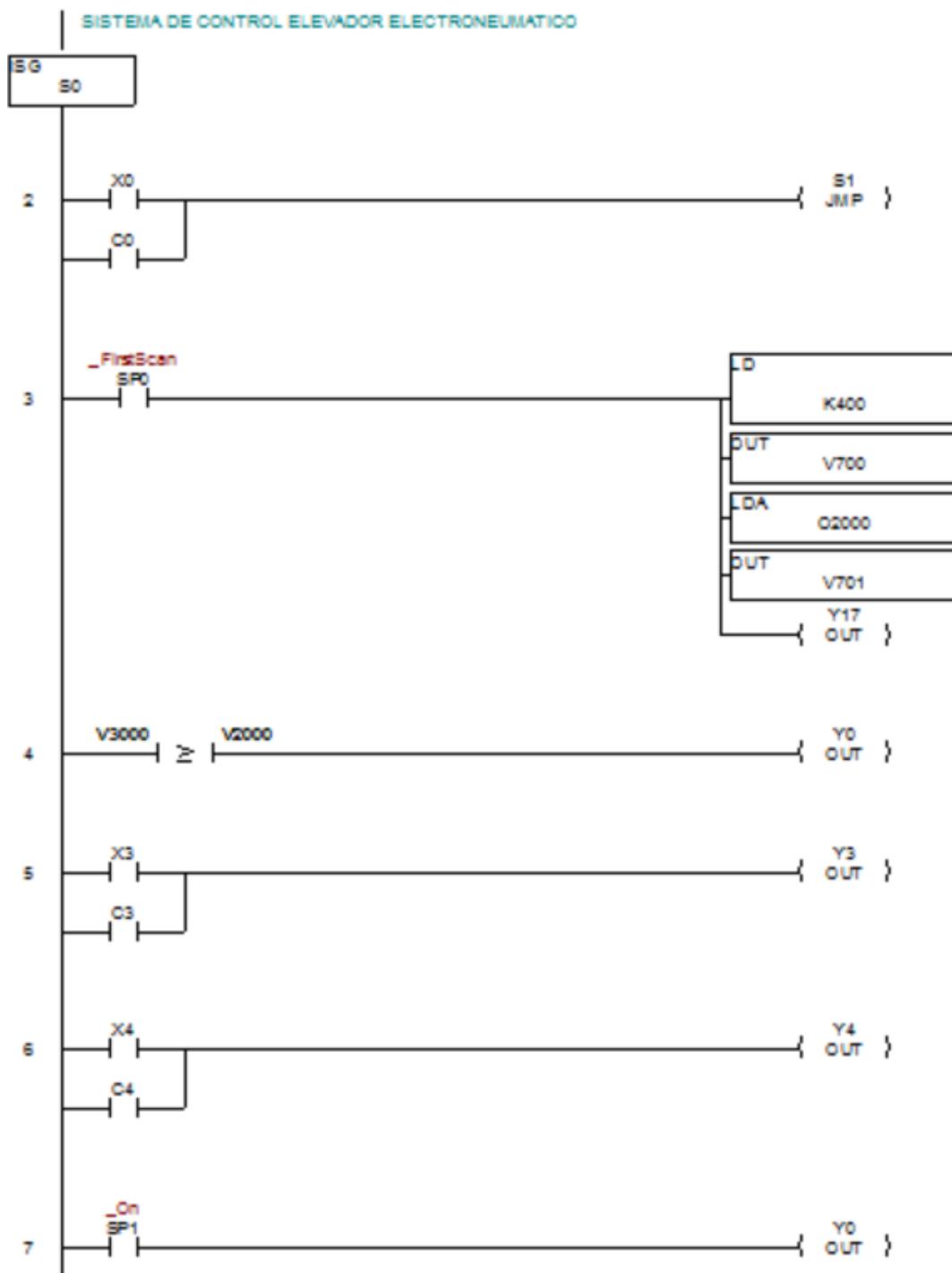
- Las normas de seguridad son muy importantes especialmente ya que muchas personas son usuarios del elevador para realizar las prácticas.
- El elevador debe ser usado después de haber leído el manual técnico descrito.
- Antes de usar el elevador se debe verificar que este no tenga ninguna parte suelta, los pernos deben estar bien ajustados.
- El usuario debe estar a 1 metro de distancia del elevador al momento de usarlo.
- No debe existir ningún elemento dentro de las correas guías donde están ubicadas los rodamientos que pueda remorder el paso del elevador
- Si no están los pasadores de los horquillas de los vástagos no conecte el elevador.
- No tocar los cilindros neumáticos y la caja neumática donde se encuentra las electroválvulas y FRL.
- Si el operario no está sobre el elevador, retirarse por lo menos un metro de distancia cuando se encuentre en funcionamiento el elevador.
- No sujetarse mientras el levador está funcionando
- No sujetarse de las tijeras ni tampoco atravesar los brazos o cualquier objeto cuando el elevador este funcionando.
- No colocarse debajo del elevador cuando este hasta arriba ya que para el usuario es difícil verlo.
- No mover el elevador cuando esté en funcionamiento.

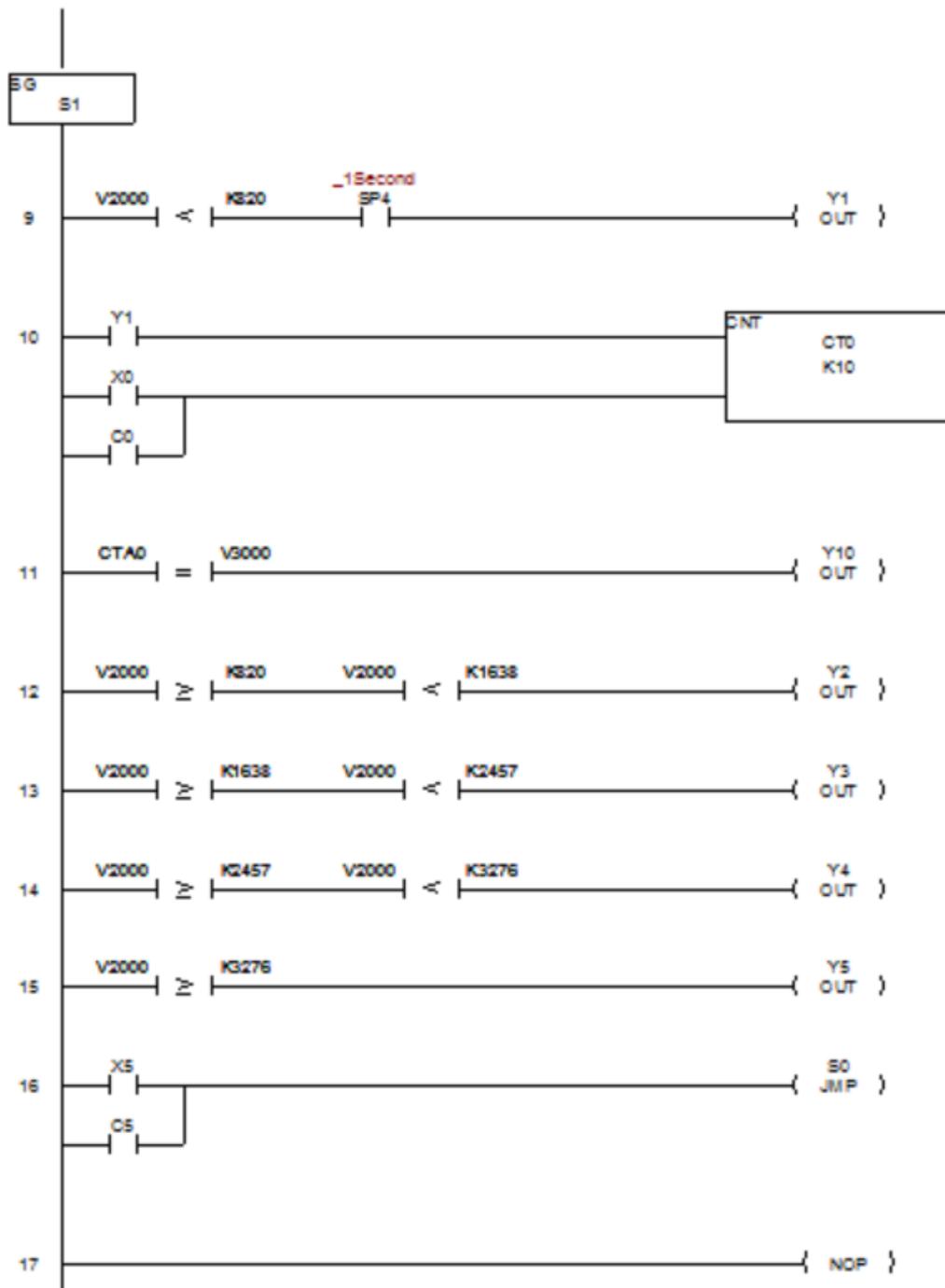
## MANUAL DE MANTENIMIENTO ELEVADOR

Tabla Plan de Mantenimiento del elevador.

Descripción de mantenimiento	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Revisión de rodamientos	X			
Revisión de juntas		X		
Engrasado de guías		X		
Revisión de partes eléctricas y electrónicas			X	
Revisión de caja neumática			X	
Revisión de cilindros neumáticos			X	
Cambio de aceite lubricado			X	
Revisión de Pernos			X	

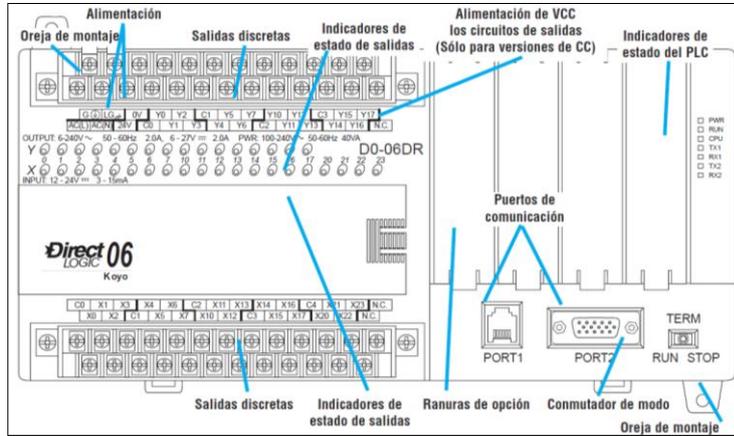
## A2. PROGRAMA PLC



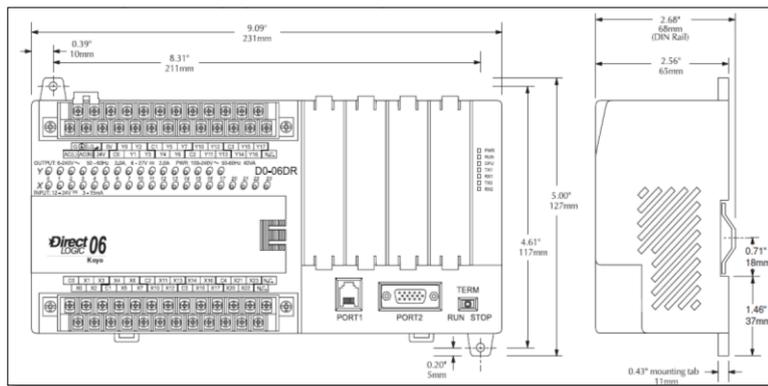


# ANEXO B. DATOS TECNICOS PLC DL06 DIRECT LOGIC KOYO Y MÓDULO ARDUINO UNO

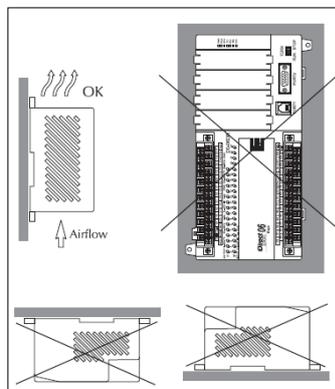
## B1. Estructura del KOYO



## Dimensiones de la unidad

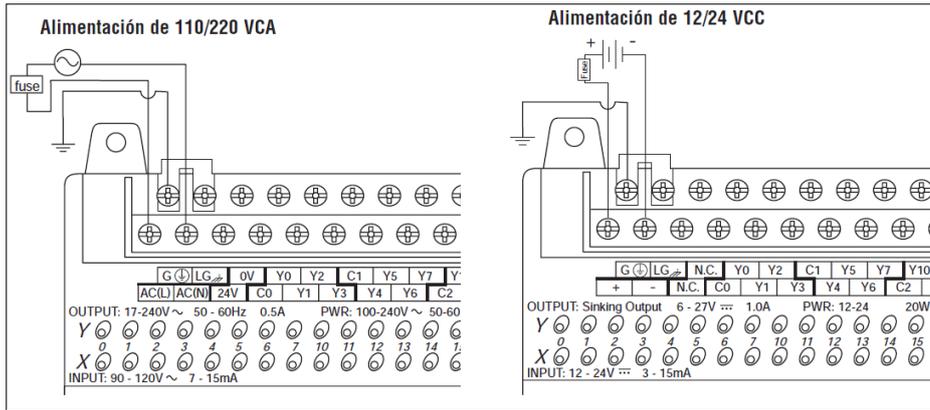


## Montaje en un gabinete y distancias mínimas



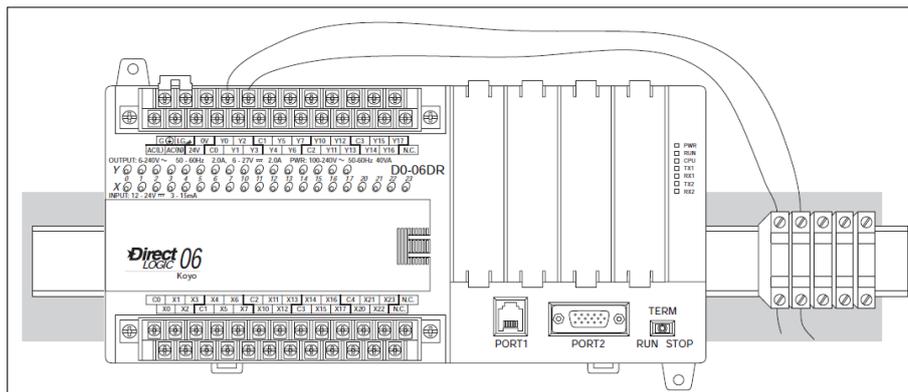


## Consideraciones de cableado

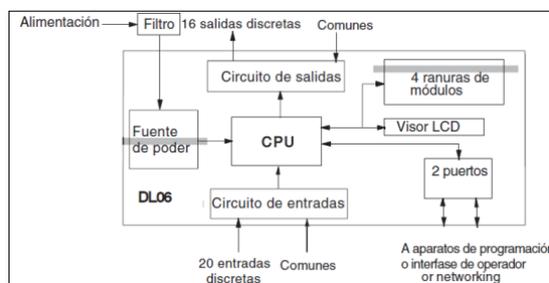
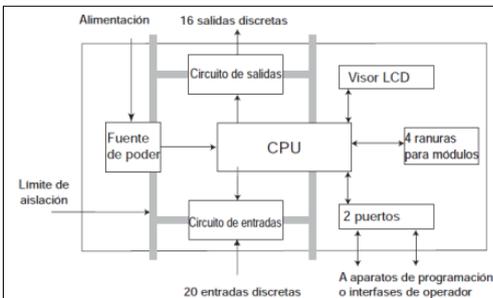


Especificaciones de la fuente de alimentación		
Detalle	Modelos alimentados con CA	Modelos alimentados con CC
Rango de voltaje en las entradas	110/220 VCA (95-240 VCA)	12-24 VCC (10.8-26.4 VCC)
Máxima corriente de Inrush	13 A, 1ms (95-240 VCA) 15 A, 1ms (240-264 VCA)	10A
Máxima potencia	30 VA	20 W
Aplicación de voltaje (dieléctrico)	1 minuto @ 1500 VCA entre primario, secundario y tierra	
Resistencia de aislación	> 10 MOhm a 500 VCC	

## Protecciones de fusibles para los circuitos I/O

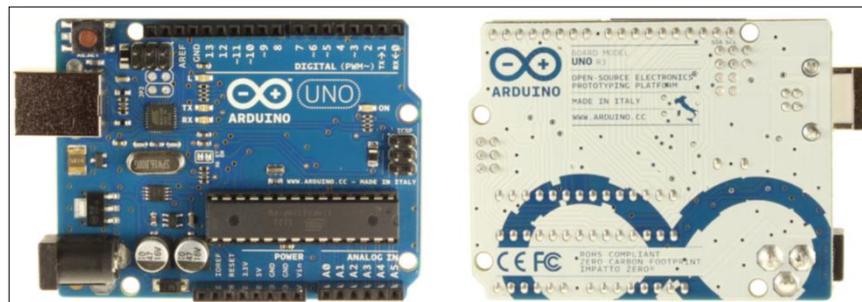


## Limites de instalación



## B2.Arduino UNO

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz



# ANEXO C. CILINDRO NEUMÁTICO METALWORK

ATTUATORI

## CILINDRO ISO 15552 (EX ISO 6431)

Cilindri realizzati secondo la norma ISO 15552.  
Cilindri disponibili in varie versioni e un'ampia gamma di accessori:

- esecuzione con o senza magneti
- semplice o doppio effetto - solo singolo o passante
- possibilità di scelta tra guarnizioni in POLIURETANO, NBR, FKM/FFM (per alte temperature, per basse temperature)
- esecuzioni speciali a richiesta
- accessori di fissaggio, unità di guida e blocco meccanico solo

Sono forniti tre serie, che differiscono tra loro per il profilo della canna utilizzata e, di conseguenza, per il tipo di anelli e di accessori che si possono montare sulle canne.  
Questi cilindri sono chiamati serie STD, tipo A, serie 3.

DATI TECNICI	FOURSTROKE	FSE	FKM/FFM	Bassa temperatura
Pressione massima	10	10	10	10
Pressione minima	0,5	0,5	0,5	0,5
Temperatura massima	-10 + 80	-10 + 80	-10 + 150 (con magneti)	-30 + 80
Minima	Nella serie 15552, sia il cilindro che il cilindro a bobina sono costruiti			
Allegati	35, 45, 55, 65, 80, 100, 125			
Tipo di estrazione	Tutti con vite standard			
Carica standard *	Semplice effetto per allegati da 25 a 45 mm da 1 a 200 Doppio effetto per allegati da 25 a 80 mm da 1 a 200 per allegati da 100 a 125 mm da 1 a 500			
Versioni	Doppio effetto standard, semplice effetto solo azione o azione standard, solo passante standard, azione unica lungo.			
Allegati per servizi	Alte temperature, fluente, tutti gli, solo passante unico alto, basso, ottico, Pz (all-ep)			
Pressione di guida	Tutti le versioni complete di supporto e rifinito livello più di supporto Ø 25, 40 0,4 bar			
Non Fluo	Ø 25, 40 mm - 1500 mm 0,2 bar, serie 1 200 mm 0,4 bar Ø 50, 65, 80 mm - 1500 mm 0,2 bar, serie 1 200 mm 0,4 bar Ø 100, 125 mm - 1500 mm 0,2 bar, serie 1 200 mm 0,4 bar			
Forza sollevamento a bar in quiete/velocità	Per velocità inferiori a 0,2 m/s, per velocità superiori, utilizzare le tabelle Pz (all-ep) e serie con bobina * Carica massima consigliata, valori superiori possono essere portati di conseguenza			
Velocità	Vedere pag. 1-7			
Velocità	Vedere pag. 1-8			

### COMPONENTI

- ① STELLO: in acciaio C45 o inox, cromato o spazzato
- ② TESTATA: in alluminio pressofuso
- ③ GUARNIZIONE STELLO: in Poluretano, NBR o FKM/FFM
- ④ BOCCOLA DI GUIDA: in acciaio o acciaio con riparto di bronzo e PTFE
- ⑤ CAVICCA: in alluminio profilato e anodizzato
- ⑥ SEMIPISTONE: in tecnopolimero autolubrificante con anelli di canna integrati (in alluminio con profilo in tecnopolimero per diametri 80-100-125)
- ⑦ GUARNIZIONE PISTONE: in Poluretano, NBR o FKM/FFM
- ⑧ MAGNETE: in piastrellite
- ⑨ PARACORDO + CRi etich: in NBR o FKM/FFM
- ⑩ GUARNIZIONE ANCORIZZO: in Poluretano, NBR o FKM/FFM
- ⑪ SPILLO ANCORIZZO: in OF 58 con sistema di sicurezza fuoriuscita spillo anche con totale apertura
- ⑫ VITI ASSEMBLAGGIO: autolubrificanti in acciaio

## CILINDRO ISO 15552 (EX ISO 6431) SERIE STD



Cilindri realizzati secondo la norma ISO 15552, caratterizzati dalla carezza liscia, senza curve longitudinali.  
Per questo motivo risulta più facile la pulizia del cilindro e sono ridotti i punti in cui può depositarsi lo sporco.  
Per il montaggio dei sensori magnetici servono apposite staffe di fissaggio.



ATTUATORI

CILINDRO ISO 15552 SERIE STD

### SEZIONE CAVOIA

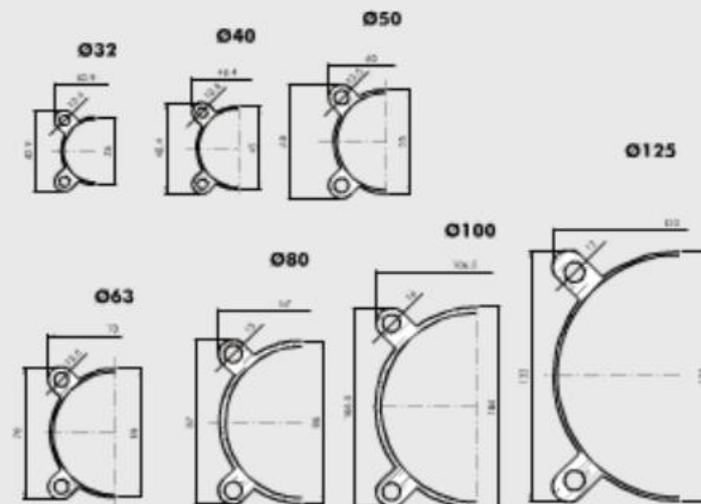
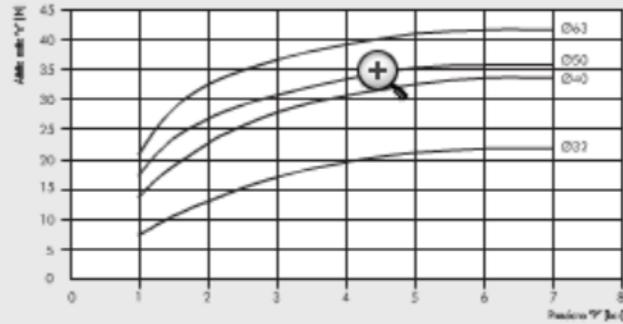


GRAFICO DEGLI ATTINI NETTI



I valori di attrito netto "a" in N sono stati ricavati inserendo nella camera posteriore la pressione "P" in bar, e contemporaneamente rilevando la forza necessaria "F" in N per fare rientrare lo stelo, applicando la seguente formula:

$$a = F \cdot (P + 5) \cdot 9,81$$

dove "S" è la sezione di spinta in cm<sup>2</sup>

CHIAVE DI CODIFICA

CL	1 2 3	3	3 3	3 1 0 0	A	H
	TIPOLOGIA		ALLEGGERO	COESA	PAZIENTE	GIUNZIONE
133	basculina a filo	3 Doppio effetto a spugna	32 40 50 63	Da 1 a 1500 cm <sup>2</sup>	A Solo C&S curvato, plata in alluminio Z Solo a dente laser, plata in alluminio	H Garantisce NRE

I cilindri con 32/40/50 cm<sup>2</sup> di stelo vlp  
 I cilindri con 32/40/50 cm<sup>2</sup> non sono verticali  
 I cilindri basculina a filo non sono disponibili nella versione "solo paziente"

# ANEXO D. PROPIEDADES MECÁNICAS ACEROS ESTRUCTURALES Y PERNOS

## D1. Tabla de propiedades mecánicas

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1 1/2$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2 1/2$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1 1/2$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1 1/2$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4106, especificadas por la SAE.

## D2. Tabla de propiedades de pernos

SAE Grade No.	Size Range Inclusive, in	Minimum Proof Strength,* kpsi	Minimum Tensile Strength,* kpsi	Minimum Yield Strength,* kpsi	Material	Head Marking
1	$1/2-1 1/2$	33	60	36	low or medium carbon	
2	$1/4-1 1/2$	55	74	57	low or medium carbon	
	$7/8-1 1/2$	33	60	36		
4	$1/2-1 1/2$	65	115	100	Medium carbon, cold-drawn	
5	$1/2-1$	85	120	92	Medium carbon, Q&T	
	$1/4-1 1/2$	74	105	81		
5.2	$1/2-1$	85	120	92	Low-carbon martensite, Q&T	
7	$1/2-1 1/2$	105	133	115	Medium-carbon alloy, Q&T	
8	$1/2-1 1/2$	120	150	130	Medium-carbon alloy, Q&T	
8.2	$1/2-1$	120	150	130	Low-carbon martensite, Q&T	

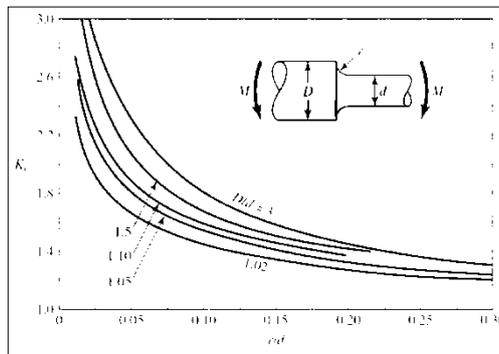


Diagrama de concentración de esfuerzos

## ANEXO E. MATERIALES UTILIZADOS

### TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

#### Especificaciones Generales

**Norma** ASTM A-500

**Recubrimiento** Negro o galvanizado

**Largo normal** 6.00m

**Otros largos** Previa Consulta

**Dimensiones** Desde 12.00mm x 25.00mm a 40.00mm x 80.00mm

**Espesor** Desde 2.00mm a 3.00mm

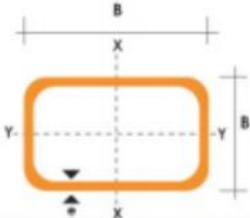


**BIPAC**  
INDUSTRIAL

DIMENSIONES			AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



# PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "G"

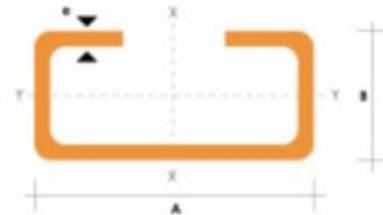
## Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

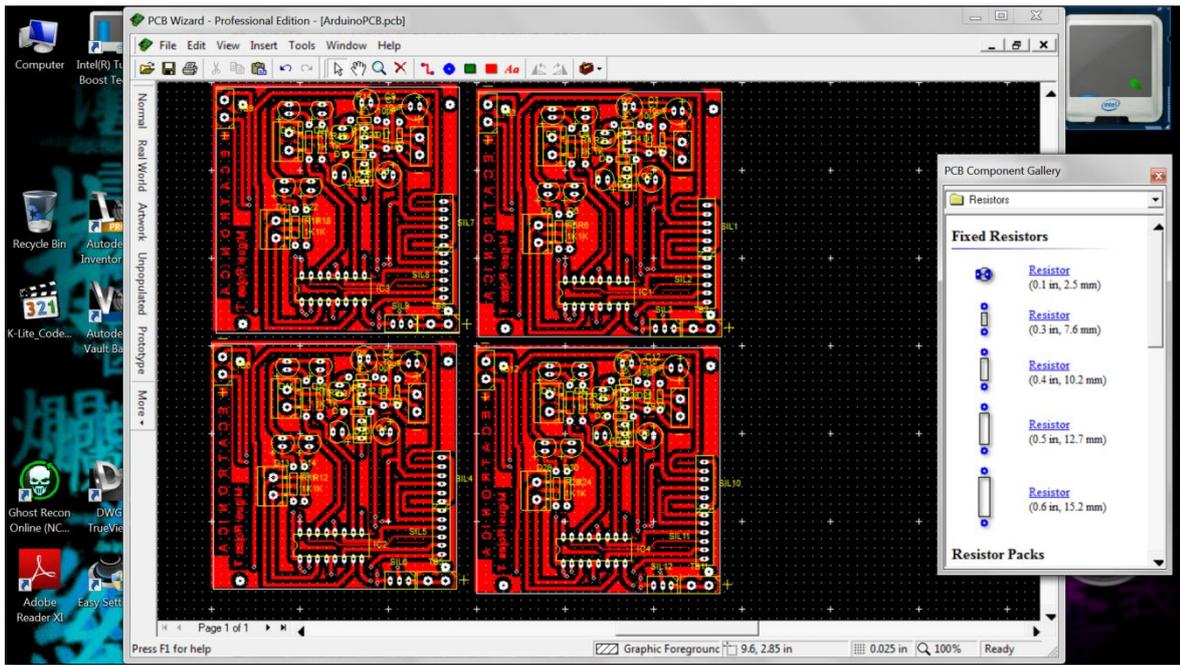


DIMENSIONES				PESOS			PROPIEDADES					
A	B	C	e	6metros	1metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y		
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm <sup>2</sup>	I	W	i	I	W	i
							cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2.0	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3.0	16.98	2.83	3.61	18.90	6.30	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.50	1.51
80	40	15	2.0	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3.0	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2.0	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3.0	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4.0	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5.0	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2.0	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3.0	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4.0	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5.0	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6.0	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2.0	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3.0	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4.0	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5.0	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6.0	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2.0	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3.0	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4.0	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5.0	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6.0	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2.0	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3.0	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4.0	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5.0	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6.0	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4.0	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5.0	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6.0	135.48	22.58	28.23	2847.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4.0	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5.0	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6.0	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

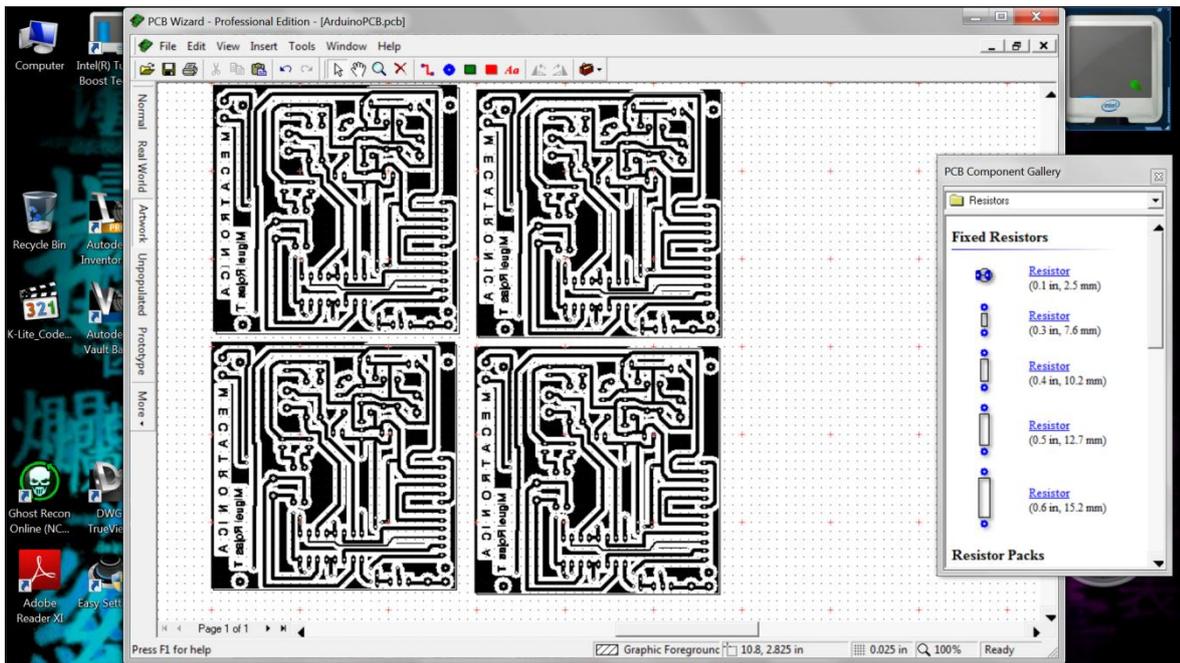
También en galvanizado e inoxidable



## ANEXO F. CIRCUITOS ELECTRONICOS Y PROGRAMACION



F1. Diagrama electrónico del circuito del módulo inalámbrico bluetooth.



Placa de comunicación inalámbrica

## F2. PROGRAMACION MODULO ARDUINO

### AVR 328

```
/**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**//
/**INGENIERIA EN MECATRONICA **//
/**TESIS ELEVADOR ELECTRONEUMATICO **//
/**APLICACION CONTROLADOR POR BLUETOOTH Y DISPOSITIVO MOVIL **/
/**MODULO DIDACTICO, COMUNICACION Y SENSOR ACELEROMETRO**//
/**DESARROLLADOR MIGUEL LEONARDO ROJAS TOBAR**//
/**ASESOR DIEGO ORTIZ ING. **//
```

```
#define ledPin 13
/**Variables Iniciales**//
int timer1_counter;
String inputString = ""; // a string to hold incoming data
String outputString = ""; // a string to hold incoming data
String valueAnOut="";
int outputValue;
boolean stringComplete = false; // whether the string is complete
boolean asciiChar=false;
//int led = 13;
int x10=2;
int x11=3;
int sensorValue=0;
int sensorPin=A0;
float val_ascenso=0;
boolean Act_modul= false;
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
// initialize the digital pin as an output.
//pinMode(led, OUTPUT);
pinMode(ledPin, OUTPUT);
pinMode(x10,OUTPUT);
pinMode(x11,OUTPUT);
// initialize timer1
noInterrupts(); // disable all interrupts
TCCR1A = 0;
TCCR1B = 0;

// Set timer1_counter to the correct value for our interrupt interval
//timer1_counter = 64886; // preload timer 65536-16MHz/256/100Hz
//timer1_counter = 64286; // preload timer 65536-16MHz/256/50Hz
timer1_counter = 34286; // preload timer 65536-16MHz/256/2Hz
TCNT1 = timer1_counter; // preload timer
TCCR1B |= (1 << CS12); // 256 prescaler
TIMSK1 |= (1 << TOIE1); // enable timer overflow interrupt
```

```

// initialize serial:
Serial.begin(9600);
// reserve 200 bytes for the inputString:
//inputString.reserve(1);//200
interrupts();      // enable all interrupts

}
/////*****Evento de Rx Datos*****//////////
void serialEvent() {
  while (Serial.available()) {
    // get the new byte:
    char inChar = (char)Serial.read();
    // add it to the inputString:
    // if the incoming character is a newline, set a flag
    // so the main loop can do something about it:
    //interrupts();
    if (inChar == '\n') {/\n
      stringComplete = true;
    }
    else
    {
inputString += String(inChar);
if((int)inChar>=48&&(int)inChar<=57)
{
  asciiChar=true;
}
else {
  asciiChar=false;

}
}

if ((inChar=='A' || inChar=='D') && Act_modul== false)
{
  digitalWrite(x10,HIGH); Act_modul= true;
}
else
{
if((inChar=='B' || inChar=='I') && Act_modul== false)
{
  digitalWrite(x11,HIGH);Act_modul= true;
}
else
{
if(inChar=='S' && Act_modul== true)
{
  digitalWrite(x10,LOW);
  digitalWrite(x11,LOW);
  Act_modul= false;
}
}
}
}
}

```

```

    }
  }
}
//*****interrupcion desvorde timer1*****//////////
ISR(TIMER1_OVF_vect) // interrupt service routine
{
  digitalWrite(ledPin, digitalRead(ledPin) ^ 1);

  sensorValue= analogRead(sensorPin);
  //outputValue=map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);
  outputString=String(sensorValue)+"!";
  Serial.print(outputString) ;
  //val1++;
  TCNT1 = timer1_counter; // preload timer
}
//*****Conversion strinf a float*****//////////
float StrToFloat(String str){
  char carray[str.length() + 1]; //determine size of the array
  str.toCharArray(carray, sizeof(carray)); //put str into an array
  return atof(carray);
}

// the loop routine runs over and over again forever:

void loop() {
  if (stringComplete) {

    if(asciiChar)
    {

      val_ascenso=StrToFloat(inputString);

      while()
      asciiChar=false;
      //Serial.print(val_ascenso) ;

    }
    inputString = "";
    stringComplete = false;
  }
}
// altura max 102 cm, -> 122 D
// min 26 cm -> 12 D
/*adc_rd2=((adc_rd*5000.0)/1023.0);
   adc_rd3=((2.54*adc_rd2)/19.60)*2;*/

```

ANEXO G. PLANOS MECANICOS, ELECTRICOS Y NEUMATICOS