

ANEXO A. Acondicionamiento planta de clasificación

A.1 Estado inicial de la planta

Debido a que la planta ha sufrido diferentes modificaciones para implementar otros sistemas, se ha tenido que alterar el cableado y algunos de los componentes que inicialmente se tenían en el primer montaje, debido a esto hay conexiones que no concuerdan con los diagramas de lazo, para ello se realizó un diagnóstico en el cual se describen los componentes de la planta y se hace una evaluación de la funcionalidad de los elementos.

A.1.1 Diagnóstico de la planta

Inicialmente se encuentra una planta en un estado de abandono, la cual se desmantelada ya que algunos elementos que deberían estar no se encontraban en su sitio, la ubicación no era la más correcta ya que al tener un cuarto con buena iluminación natural le ingresaban los rayos del sol directamente lo cual con el tiempo fue tostado las borneras y estas se fueron quebrando logrando obtener un cierto número de cables sueltos además mientras la planta estaba en funcionamiento tuvo otras modificaciones donde se desarrollaron otros trabajos, pero no se encuentra documentación al respecto.

A.1.1.1 Planta de clasificación

A continuación se muestran los componentes y el estado funcional de cada uno de ellos.

Tabla 1 Componentes principales de la planta

EQUIPO	ESTADO	OBSERVACIONES
BANDA PRINCIPAL	Funcional	
MOTOR TRIFASICO, ½ HP, 1782 rpm	Funcional	
CAJA REDUCTORA	Funcional	
MODULO DE TRANSPORTE	Funcional	
BANDA AUXILIAR	Funcional	
RODILLO Y TRANSMISION	Funcional	
ACUMULADOR	Funcional	
ESTRUCTURA EN GENERAL	Funcional	

PLC micrologix 1500	En falla	El plc se encuentra en FALLA, además de ello no se puede programar
Electro válvulas	Funcional	
Fuente de voltaje DC(+12v,-12v, 5v,)	En falla	
Software	Funcional	

Tabla 2 Revisión de la estructura Hardware planta de clasificación de piezas

Componente	Si	no	Estado
planta de clasificación	X		Bueno, cambiar piñones
micrologix 1500 allen bradley con módulos: 1769-ib4xof2 1769 hsc 1769 sdn	X		No Funcional
Panel view v600	X		Funcional
Adaptador Devicenet	X		Funcional
Encoder incremental	X		Funcional
Variador de velocidad		X	No funcional
Motor del transportador de banda	X		Funcional
Electroválvula neumática	X		Funcional
Electroválvula	X		Funcional
Cilindro Neumático	X		Funcional
7 Sensores ópticos	X		Funcional
Electroválvula neumática	X		Funcional
Cilindro neumático	X		Funcional
Moto reductor	X		Funcional
Compresor	X		Funcional
Fuente de voltaje dc	X		Funcional
Fusible	X		Funcional
Regulador neumático 1	X		Funcional
Regulador neumático 2	X		Funcional
2 Contactores EBC	X		Funcional
Rele térmico	X		Funcional
Contactador wesley	X		Funcional
Rele térmico 1	X		Funcional
Rele térmico 2	X		Funcional
15 pilotos	X		Funcional
8 pulsadores	X		Funcional
Selector de muletilla	X		Funcional
Bornes	X		Funcional
Regleta	X		Funcional
Cuchilla conmutable		X	No funcional
Manguera tubing	X		Funcional
Cito 2		X	Revisar
Cito 3		X	Revisar
Cito 5		X	Revisar
Cito 1		X	Revisar

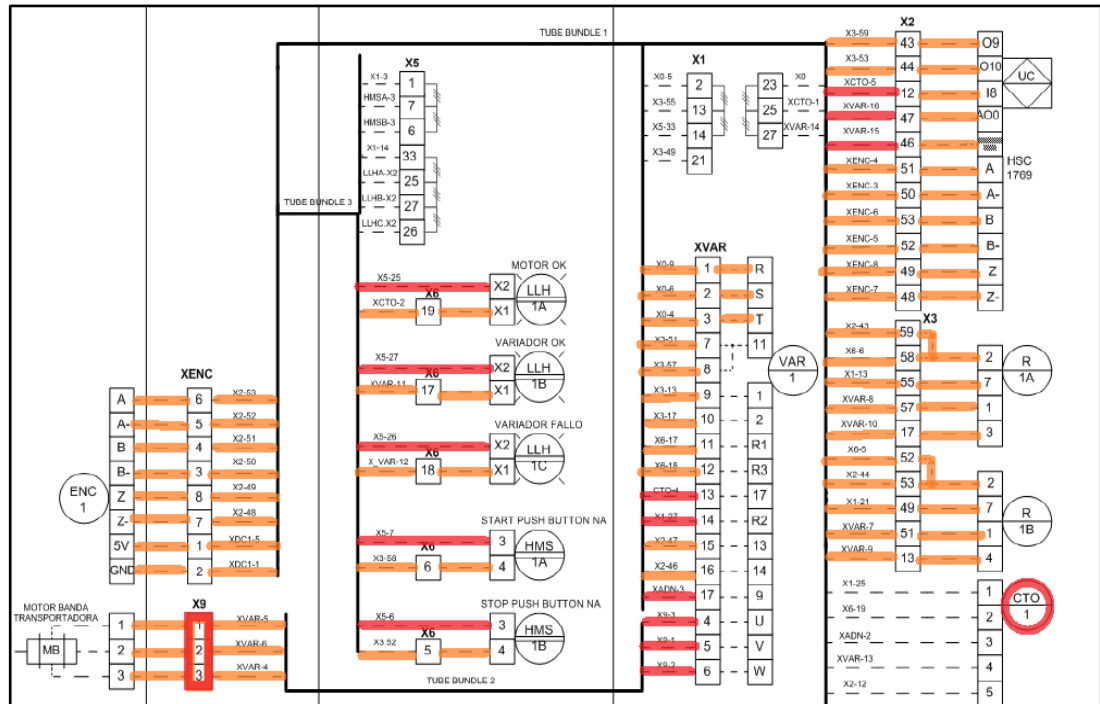


Figura. 1. Diagrama de lazo de control de velocidad

- **Revisión conexiones del diagrama de lazo de control de velocidad**

Las conexiones resaltadas en color naranja, corresponden al diagrama original del trabajo “Sistema de clasificación de piezas en una línea de producción empleando visión de máquina.” Y se verifico con continuidad, su punto de salida y punto de llegada. Las conexiones resaltadas con color rojo, se identificaron problemas de conexión o de asignación de tags que con correspondían con el diagrama de lazo.

Tabla 3 Revisión de lazo de control de velocidad

Lugar conexión	Inicio de conexión	Llegada de conexión	Problema
Front panel	X2-12	XCTO5	No se encuentra el XCTO5 el cable sale del plc pero de X2 no llega a ningún lado.
Front panel	X2-47	XVAR-16	Se encontró que estas dos conexiones están combinadas no corresponden al diagrama original (X2-47 llega a XVAR-15 y X2-46 llega a XVAR 16)
Front panel	X2-46	XVAR-15	
Front panel	XVAR-13	CTO-4	No corresponde, XVAR-13 llega a la bornera X6-16
Front panel	XVAR-17	XADN-3	No existe conexión
Front panel	XVAR-4	X9-3	No corresponde esta tag, la conexión XVAR-4 llega a X9-1
Front panel	XVAR-5	X9-1	No corresponde esta tag, la conexión XVAR-5 llega a X9-5
Front panel	XVAR-6	X9-2	No corresponde esta tag, la conexión XVAR-6 llega a X9-6
HMI BOX	MOTOR OK-X2	X5-25	No se encontró la conexión de llegada X5-25, 26 , 27. No corresponde al diagrama
HMI BOX	VARIADOR-X2	X5-27	
HMI BOX	VARIADOR FALLO-X2	X5-26	
HMI BOX	START PUSH BUTTON NA -X2	X5-7	No corresponde la conexión de llegada X5-7
HMI BOX	STOP PUSH BUTTON NA -X2	X5-6	No corresponde la conexión de llegada X5-6
HMI BOX	X6	X3-52	No corresponde esta tag, la conexión X6 llega a X3-53

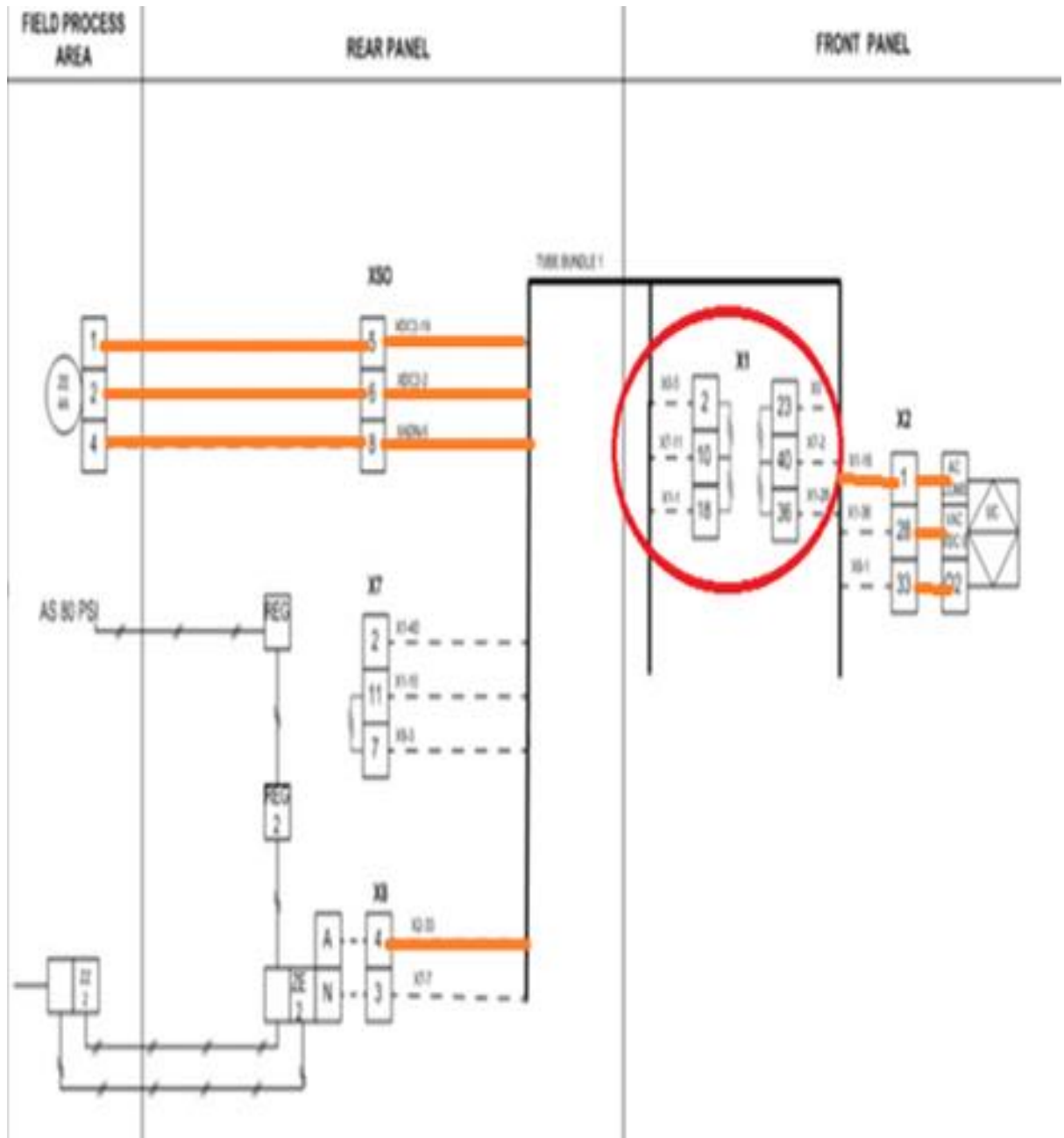


Figura. 2. Diagrama de lazo control de paso de piezas

Tabla 4 Revisión conexiones del diagrama de lazo control de paso de piezas

Lugar de conexión	Inicio conexión	Fin conexión	Problema
Front Panel	AC -COM0	X2-1	No
Front Panel	VAC-VDC 0	X2-28	No
Front Panel	O2	X2-33	No
Front Panel	X2-1 ^o	X1-18	No
Front Panel	X2-28	X1-36	No existe la bornera x1 solo llega hasta 22
Front Panel	X2-33	X8-1	Debería llegar a X8-1 pero llega a la X8-4
En el círculo de color rojo se encuentra que la bornera x1 tiene hasta 40 posiciones pero en realidad solo tiene hasta 22 así que no se encuentra la x1-23, x1-40,x1-36			
Front Panel	X1-2	X0-5	Debería llegar a x0-5 pero en realidad llega x1-22
Front Panel	X1-10	X7-11	X7-11 no existe X7 solo tiene hasta 6 posiciones
Front Panel	X1-18	X1-1	No existe esta conexión
Rear Panel	XDC2-19	XS0-5	No
Rear Panel	XDC2-2	XS0-6	No
Rear Panel	XADN-5	XS0-8	No
XS0-5, XS0-6 y XS0-8 no presentan problemas esta conexión va al sensor ZE-4 ^a			
Rear Panel	X1-10	X7-2	No va a la X7-2 sino a la X7-1
Rear Panel	X1-10	X7-11	X7-11 no existe
Rear Panel	X8-3	X7-7	X7 -7 no existe
Rear panel	X2-33	X8-4	No
Rear panel	X7-7	X8-3	X7-7 no existe

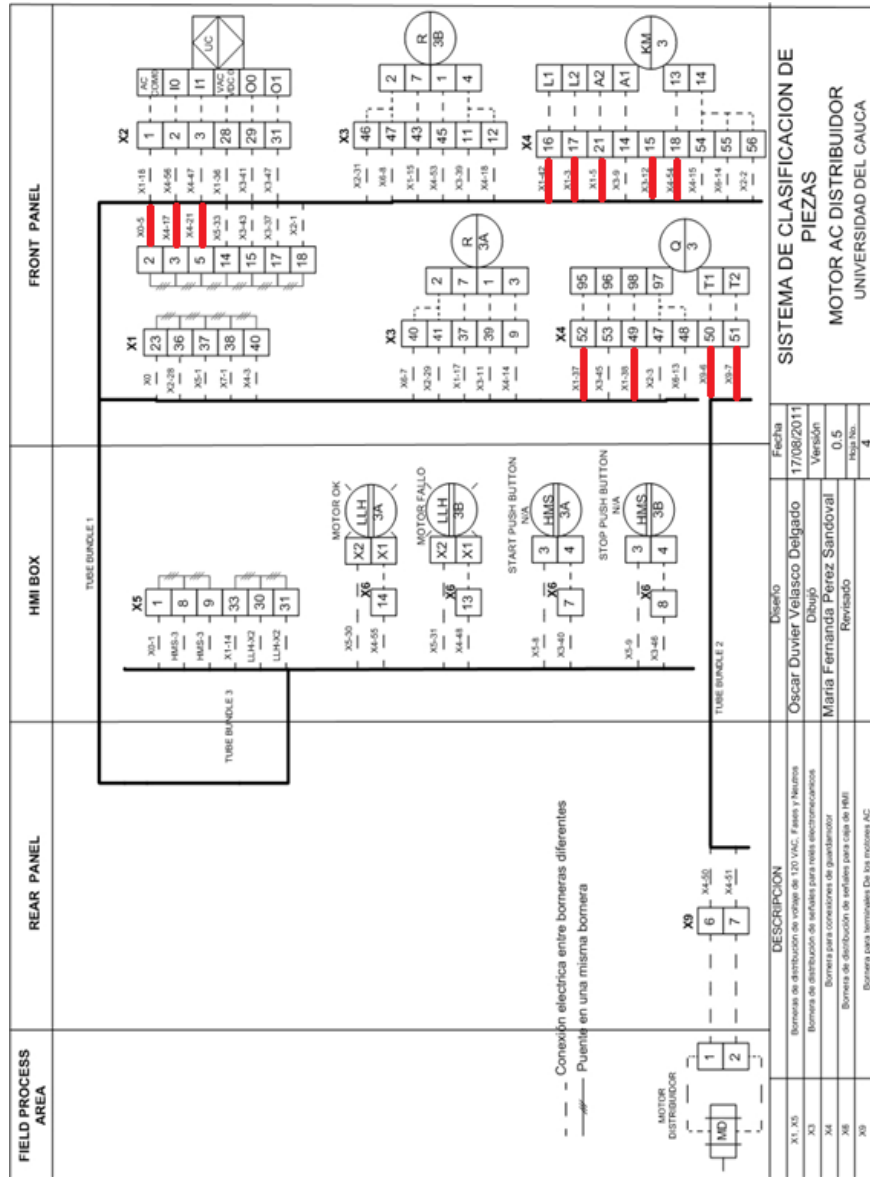


Figura. 3. Diagrama de lazo de sistema de clasificación de piezas, motor AC distribuidor

Tabla 5 Revisión sistema de clasificación de piezas, motor AC distribuidor

Lugar de conexión	Inicio conexión	Fin conexión	Problema
Front Panel	X0-5	X1-2	Debería llegar a X1-2 pero en realidad llega X1-22
Front Panel	X4-17	X1-3	Debería llegar a X1-3 pero en realidad llega X1-22
Front Panel	X4-21	X1-5	Debería llegar a X1-5 pero en realidad llega X1-21
Front Panel	X4-16	X1-42	La bornera X1 solo llega hasta X1-22
Front Panel	X4-17	X1-3	X4-17 debería de llegar a X1-3 pero llega a X1-21
Front Panel	X4-21	X1-5	X4-21 debería de llegar a X1-5 pero llega a X1-20
Front Panel	X4-15	X3-12	X4-15 debería de llegar a X3-12 pero llega a X3-9
Front Panel	X4-18	X4-54	X4-18 debería de llegar a X4-54 pero llega a X4-53
Front Panel	X1-37	X4-52	La bornera X1-37
Front Panel	X3-38	X4-49	Llega al nodo izquierdo
Front Panel	X9-8	X4-50	Llega a X9-1 Y X9-2
Front Panel	X9-7	X4-51	Llega a X9-1 Y X9-2

Tabla 6 Revisión conexiones del diagrama de lazo sistema de clasificación de piezas, lazo control de posición clasificador

Lugar de conexión	Inicio conexión	Fin conexión	Problema
rear panel	x1-40	x7-2	se une fase con neutro
hmi box	bornera x5 (1,11,18,19,20)		contando de derecha a izquierda
front panel	bornera x2 (40,42,45,9,11)		contando de derecha a izquierda

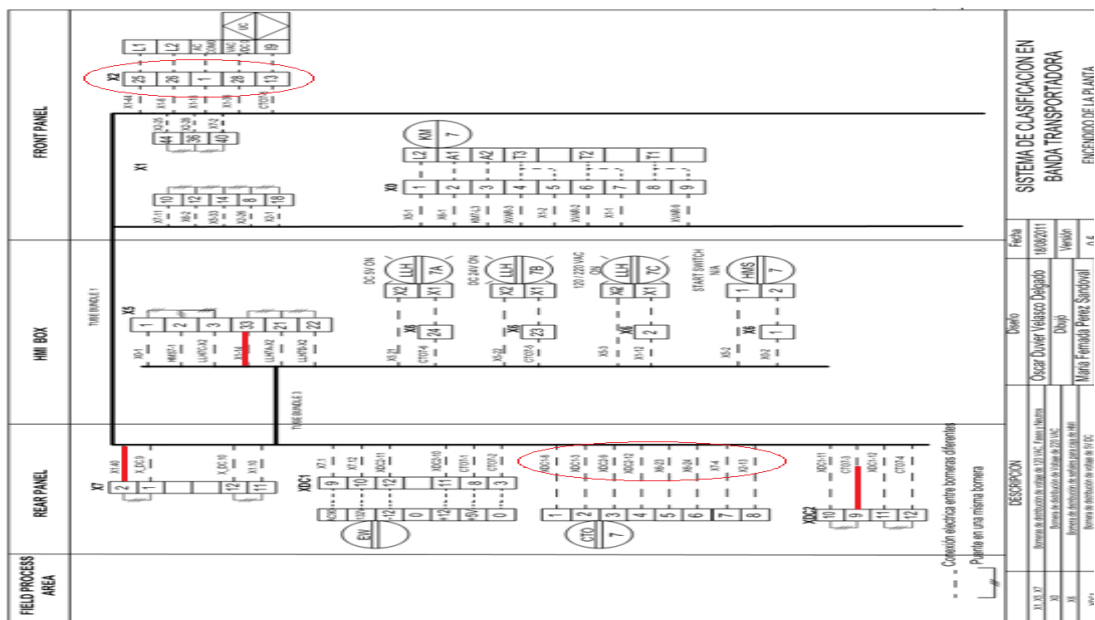


Figura. 5 Diagrama de lazo sistema de clasificación en banda transportadora, encendido de la planta

Tabla 7 Revisión conexiones del diagrama de lazo sistema de clasificación en banda transportadora, encendido de la planta.

Lugar de conexión	Inicio conexión	Fin conexión	Problema
REAR PANEL	CT0-7-3	XDC2	cable suelto
REAR PANEL	CT07-1	XCD1-3	llega un solo cable
REAR PANEL	CT07-2	XCD1-3	no llega ningún cable
REAR PANEL	CT07-3	XCD2-9	cable suelto
REAR PANEL	CT07-4	XCD2-12	no llega a ct07
REAR PANEL	CT07-5 CT07-6 CT07-7 CT07-8	X6-23 X6-24 X7-4 X2-13	No llega a CTO-7

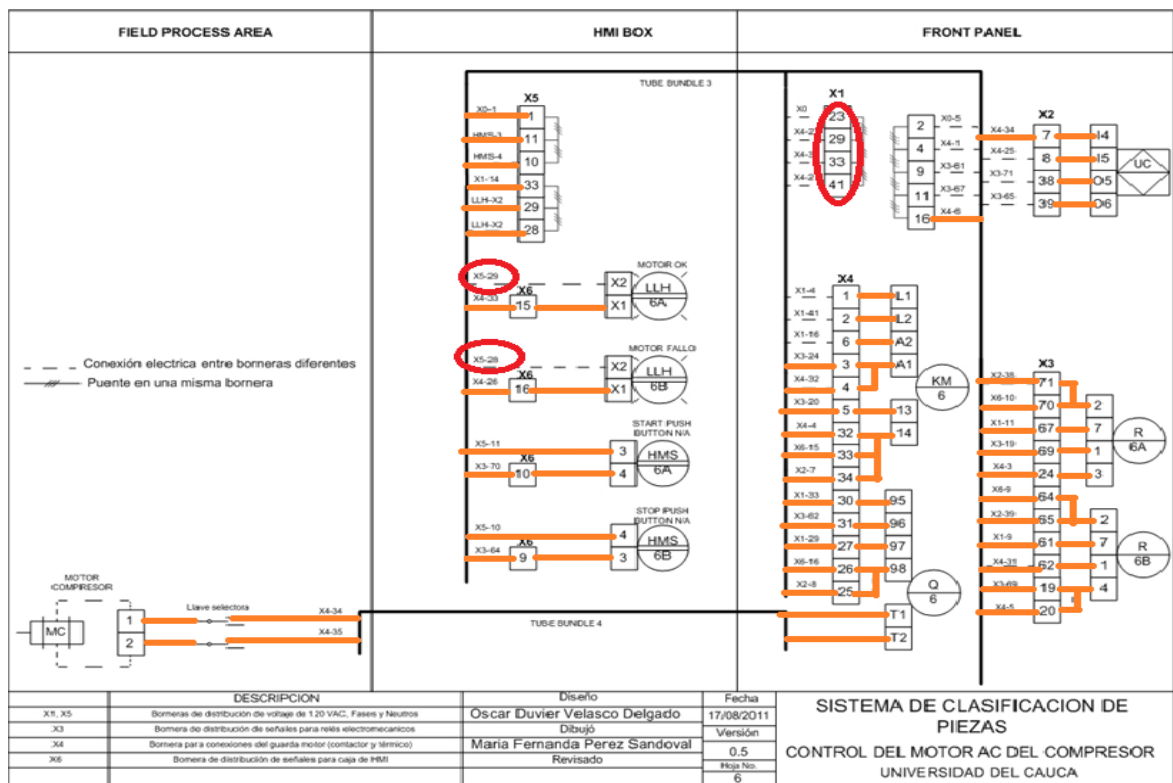


Figura. 6. Diagrama de sistema de clasificación de piezas (Control del motor AC del compresor)

Tabla 8 Revisión conexiones del diagrama de lazo sistema de clasificación de piezas, control de motor AC del compresor

Lugar conexión	Inicio de conexión	Llegada de conexión	Problema
Front panel	X0-5	X1-2	X-05 debería llegar a x1-2 pero llega a x1-22
Front panel	X4-1	X1-4	X4-1 debería llegar a x1-4 pero llega a x1-21
Front panel	X3-61	X1-9	X3-61 debería llegar a x1-9 pero llega a X1-18
Front panel	X1-11	X3-67	X1-11 debería llegar a X3-67 pero llega a x1-17
Front panel	Los puntos X1-23,29,33,41 No existen La bornera X1 solo posee 22 puntos		
Front panel	X4-1	X1-4	X4-1 debería llegar a X1-4 pero llega a X1-21
Front panel	X4-2	X1-41	X4-2 debería llegar a X1-41 pero llega a X1-2
Front panel	X4-6	X1-16	X4-6 debería llegar a X1-16 pero llega a X1-11
Front panel	X4-30	X1-33	X4-30 debería llegar a X1-33 pero llega a X1-6
	X4-27	X1-29	X4-27 debería llegar a X1-29 pero llega a X1-8
Front panel	X3-67	X1-11	X3-67 debería llegar a X1-11 pero llega a X1-17
Front panel	X3-61	X1-9	X3-61 debería llegar a X1-9 pero llega a X1-18
HMI BOX	X5-33	X1-14	X5 solo presenta 23 puntos
HMI BOX	X5-29	LLH-X2	
HMI BOX	X5-28	LLH-X2	
HMI BOX	Motor ok - X2	X5-29	
HMI BOX	Motor fallo- X2	X5-29	

A.1.1.2 Sistema de visión para la clasificación de piezas

Se procede a verificar el software que permite realizar el procesamiento de las botellas, se confirmó que este programa se encontraba en el pc de la planta, y posteriormente se corrió su lógica, debido a un corto en el circuito de adecuación de voltaje, no se pudo realizar satisfactoriamente la prueba de visión para la clasificación de piezas.

Tabla 9 Funcionamiento y componentes de la planta

EQUIPO	ESTADO	OBSERVACIONES
BANDA PRINCIPAL	Funcional	
MOTOR TRIFASICO, ½ HP, 1782 rpm	Funcional	
CAJA REDUCTORA	Funcional	
MODULO DE TRANSPORTE	Funcional	
BANDA AUXILIAR	Funcional	
RODILLO Y TRANSMISION	Funcional	
ACUMULADOR	Funcional	
ESTRUCTURA EN GENERAL	Funcional	
PLC micrologix 1500	En falla	El PLC se encuentra en FALLA, además de ello no se puede programar
Electro válvulas	Funcional	
Fuente de voltaje DC(+12v,- 12v, 5v,)	En falla	
Software	Funcional	
COMPONENTES HARWARE VISION DE MAQUINA	Funcional	

A.1.1.3 Identificación de los cortos en la planta de clasificación

Durante la fase de familiarización con la planta de clasificación, se identificó una serie elementos y cables desconectados, respecto a los cables sueltos, estos no presentaban TAG'S, por lo tanto se procedió a revisar los lasos de control para realizar la conexión correspondiente, algunos de los cables sueltos no se pudieron identificar, por lo tanto no se lograron conectar, lo anterior por falta de documentación ya que se ha venido modificando esta planta en los últimos años añadiendo nuevos circuitos y elementos.

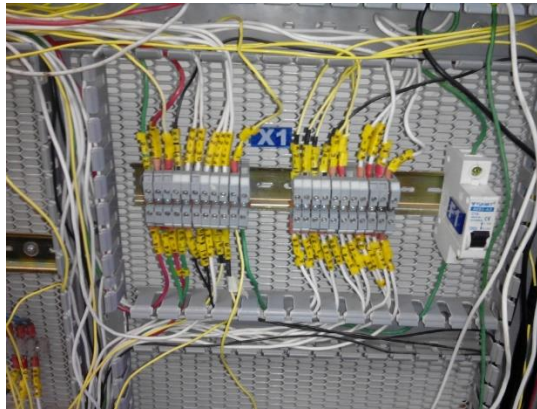


Figura. 7. Bornera X1

En la Figura. 7. El bloque izquierdo de la bornera X1 corresponde a la fase y el bloque derecho corresponde al neutro (tierra), el corto que presentaba esta bornera se debía a que la fase y el neutro estaban cruzados, se realizó la revisión correspondiente cable por cable hasta solucionar este problema.

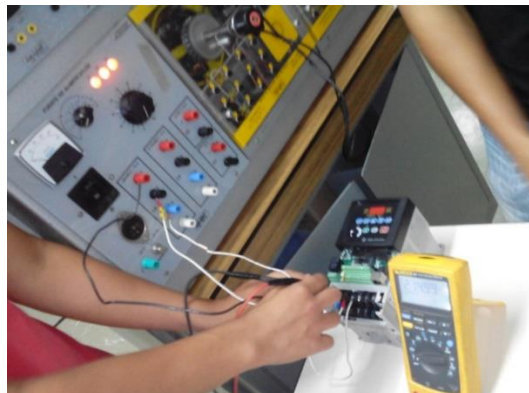


Figura. 8. Pruebas con el variador

En la Figura. 8 se puede observar las pruebas hechas con el variador trifásico que funciona a 380 – 440 V AC, el problema que se presentó con este variador está relacionado con la alimentación la cual no se puede cumplir con el voltaje mínimo requerido para su correcto funcionamiento.



Figura. 9. Pruebas con el variador

En la Figura. 9. Se puede observar el motor trifásico, las pruebas realizadas fueron satisfactorias y no presentó ningún problema.

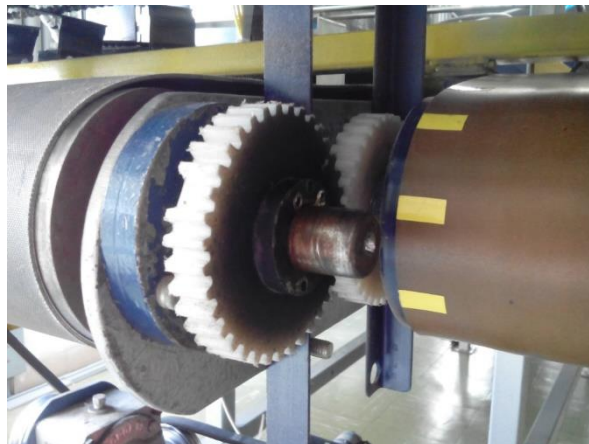


Figura. 10 Piñones

En la Figura. 10. Se puede observar que los piñones que mueven la banda auxiliar están desgastados y uno los dientes están quebrados. Se recomienda cambiarlos.

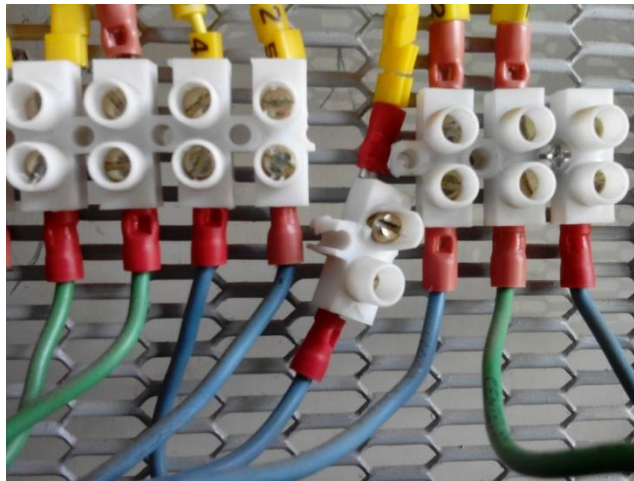


Figura. 11. Bornera XADN

En la Figura. 11. Se puede observar que esta bornera se encuentra en mal estado debido a que llega directamente la luz solar la cual deteriora la pasta que compone las borneras.

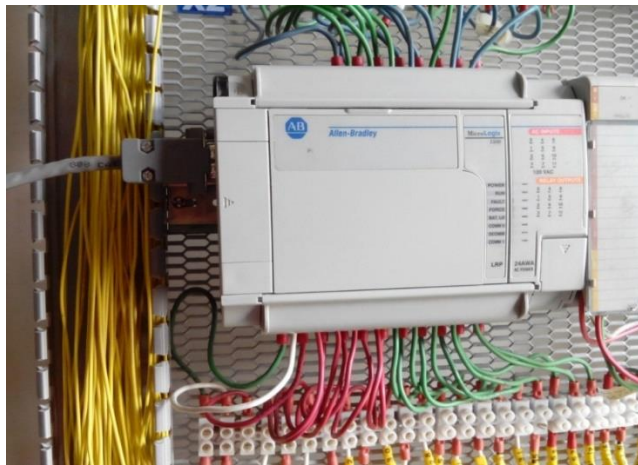


Figura. 12. PLC micrologix 1500

En la Figura. 12. Se puede observar el PLC micrologix 1500, el cual se encuentra en falla, se cree que es debido a la serie de cortos sufridos durante su funcionamiento.



Figura. 13. Bornera X7

En los diagramas de la Figura. 13 esta bornera tiene asignado 12 puntos de conexiones pero en realidad tiene 6 conexiones, lo cual hace confusas las conexiones. Se presentó un corto ya que la fase y el neutro estaban unidos en esta bornera.

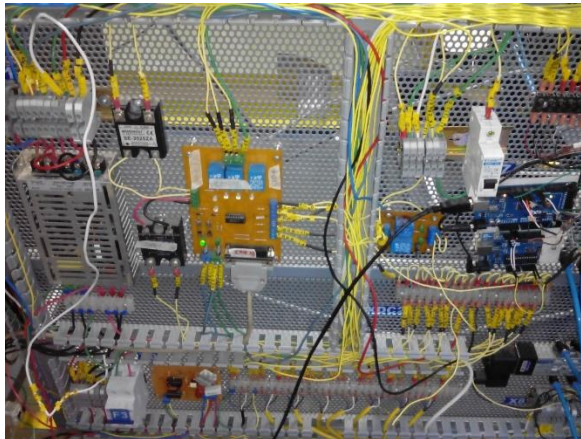


Figura. 14. Panel trasero

En la Figura. 14. Se puede observar el panel trasero de la planta de clasificación, en el cual se identificaron una serie de cortos e inconsistencias en las conexiones de algunos de los elementos, el circuito de adecuación no tiene las conexiones que están en los diagramas de la Figura. 13, la fuente de voltaje de 24 y 5 Vdc, presenta fallas en su funcionamiento, este panel no poseía el cable de neutro por lo que se optó por conectar un cable desde el panel frontal para dar alimentación.

A.1.2 Funcionamiento de la planta

Teniendo en cuenta la lista de toda la instrumentación y basado en trabajos desarrollados en la planta se procedió a diseñar un plano y posteriormente a describir el funcionamiento y operación de la planta.

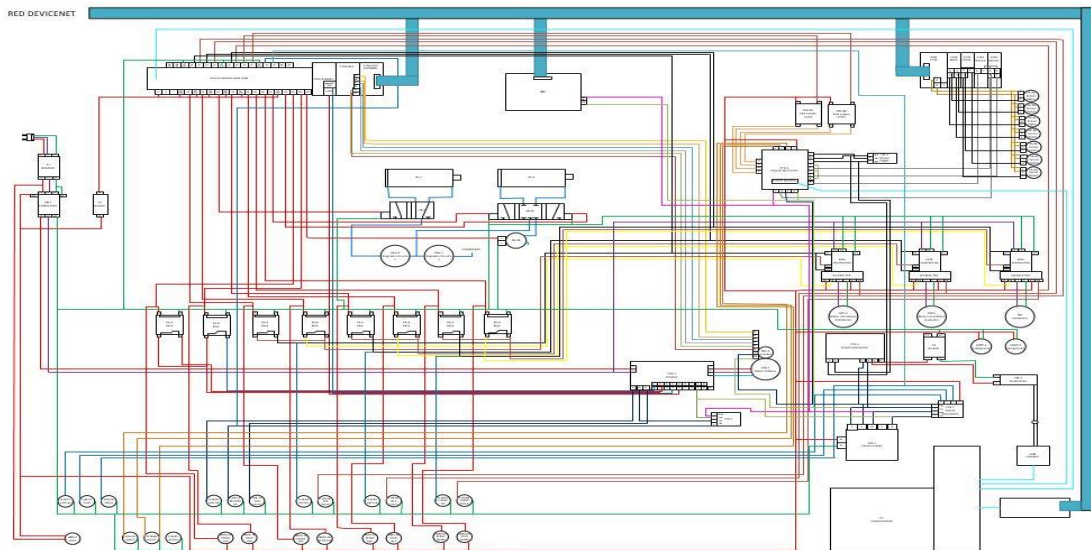


Figura. 15. Plano eléctrico Planta de clasificación

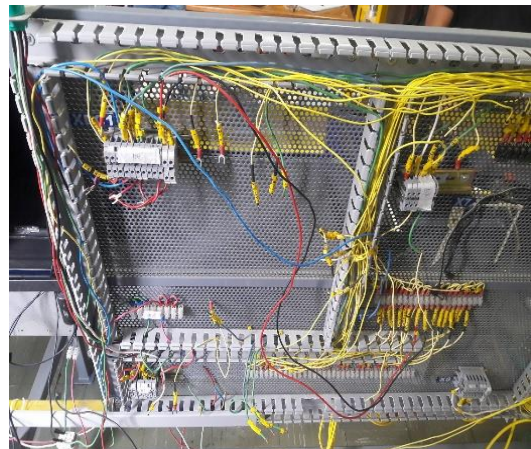
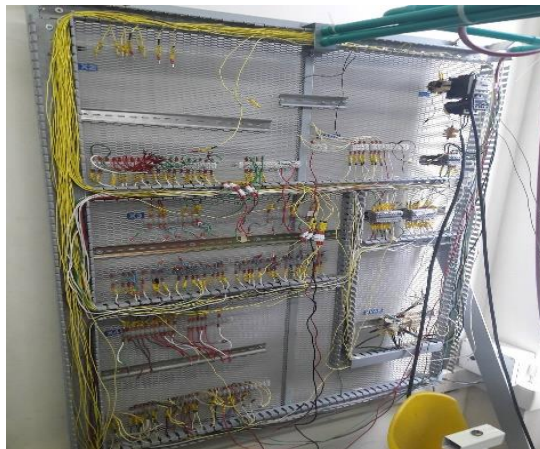
Se observó por el plano realizado que la planta es completamente modular, una vez se energice esta se puede operar independientemente también se puede activar todo el sistema desde el PLC a través del PC, HMI y desde el tablero de control, inicialmente se activan los breaker (F1,F2,F3) posteriormente se pone en funcionamiento la planta desde el tablero de control con un selector de muletilla de dos posiciones (HMS-7) el cual activa el contactor (KM-7) permitiendo así energizar todo el sistema, una vez energizada la planta, la fuente de voltaje (EW-7) envía las señales de 5v y 24v hacia la tarjeta de adecuación (CTO-7) la cual envía una señal de 120vac hacia el tablero de control con lo cual se encienden los pilotos de 120vac (LLH-7A, LLH-7B, LLH-7C) los cuales indican que hay presencia de energía 120v, 5v, 24v. Una vez comprobado que haya suministro de energía y que las lámparas (LAMP-1,LAMP-2) dentro de la caja metálicas están encendidas para una buena iluminación de la escena se puede proceder a encender el compresor (M6) presionando el pulsador (HMS-6A) por lo tanto se activa el relé electromecánico (R6-A) y este a su vez activa el contactor (KM-6) además se observa el piloto del compresor ok encendido (LLH-6A) y que haya presión en los reguladores de aire (REG-2, REG-4), se presionan los pulsadores del distribuidor y recolector (HMS-3A, HMS-5A) se encienden los pilotos distribuidor ok y recolector ok (LLH-3A,LLH-5A) y posteriormente estos activan los relés electromecánicos (R3-A, R5-A) los cuales activan los contactores (KM3,KM5) poniendo en funcionamiento los motores

monofásicos del distribuidor y recolector (MD-3,MR-5), antes de encender las bandas asegurarse que el acumulador este abierto para permitir el paso de objetos sobre la banda auxiliar, posteriormente se enciende las bandas accionando desde el tablero de control el pulsador (HMS-1A) entrando a funcionar el variador (VAR-1) el cual enciende los pilotos variador ok y motor ok (LLH-1B, LLH-1A) igualmente se activa el relé electromecánico (R1-A) el cual manda la señal de arranque al variador y este a su vez pone a girar el motor trifásico (MB-1) que está conectado a la banda principal. Una vez las bandas estén en funcionamiento se puede realizar el monitoreo y control de la velocidad desde la HMI el cual está conectado a la red devicenet y por medio del sensor en este caso un encoder (ENC-1) se envía los pulsos registrados hacia el módulo 1769-HSC y este al PLC donde se está utilizando el bloque PID el cual recibe la señal proveniente del sensor y el dato de la velocidad que registro el usuario desde la HMI este dato lo recibe el PLC por medio del módulo 1769-SDN el cual realiza el escaneo de los dispositivos conectado a la red devicenet, el PID se encarga de hacer los cálculos y envía un esfuerzo de control hacia el variador por medio del módulo de señales analógicas 1769-IB4XOF2, para el conteo de la piezas la banda tiene un sensor óptico (EZ-4A) ubicado a la entrada del clasificador, el cual está conectado a un módulo de entradas discretas 1734-IB4 conectado al adaptador Devicenet 1734-ADN e igualmente este a su vez se comunica con el PLC por medio del módulo 1769-SDN, el sensor envía una señal cada vez que detecta un objeto sobre la banda, el PLC envía el dato a la HMI donde se muestra el conteo de piezas, una vez se haya llegado al tope de conteo registrado por el usuario en la HMI el PLC activa una salida (O/2) la cual activa la electroválvula neumática 5/2 de accionamiento neumático simple (ZB-2) la cual permite el paso de aire hacia el cilindro neumático de doble efecto (ZZ-2) y bloquea el paso de objetos sobre la banda auxiliar. Para el control de la posición de cada pieza desde la HMI se escoge y se indica el tipo de algoritmo, este a su vez llega al PLC y este se comunica por medio de la red con el 1734-ADN y por medio del módulo 1734-0W4 viaja la señal hacia la tarjeta de adecuación (CTO-1) y esta se encarga de encender cualquiera de los tres pilotos (LLH-4A, LLH4B, LLH4C) corroborando así al usuario el algoritmo escogido, cuando el sensor trigger (TRI-4) que está posicionado dentro de la caja metálica logre activarse en presencia de algún objeto, envía su señal a la tarjeta de adecuación (CTO-1) y a la tarjeta (CTO-2) donde una se comunica con el PC por medio del puerto paralelo y se realiza la captura de la imagen por medio de la cámara (CAM-1) y la otra tarjeta que posee un temporizador activa el electroimán (EM-1) logrando así elevar la cámara una vez haya capturado la imagen permitiendo que el objeto circule sin ningún obstáculo, una vez se procese la imagen se determina el tipo de pieza y se envían los datos nuevamente por el puerto paralelo hacia la tarjeta (CTO-1) la cual se comunica con el PLC utilizando solo dos entradas por medio de un par de relés de estado sólido (SSR-4A, SSR-4B) los cuales se activan y se desactivan enviando una señal en código binario(00,01,10,11) los cuales me indican cualquiera de las 4 posiciones que debe tomar el objeto sobre la banda esta señal es enviada también al HMI desde el PLC con el fin de observar al final el resultado obtenido en el proceso de clasificación, por lo tanto el PLC lee un

conjunto de señales, la señal que me indica la posición a donde debe ir el elemento, la señal proveniente del sensor óptico (EZ-4A) en el clasificador cuando detecta una pieza, al igual que la señal de los seis sensores ópticos (EZ-4B, EZ-4C, EZ-4D, EZ-4E, EZ-4F, EZ-4G) conectados al módulo de entrada 1734-IB4 del ADN que indican la posición actual del cabezal del cilindro neumático (ZZ-4) de esta forma se determina la dirección en que debe moverse el cabezal manipulando la posición del cilindro neumático de doble efecto (ZZ-4) por medio de la electroválvula neumática 5/3 de accionamiento neumático doble (ZB-4A) y la electroválvula NC. de apoyo (ZB-4B), de forma que las piezas sean clasificadas correctamente. Para parar el proceso se pueden presionar los pulsadores: stop variador (HMS-1B), stop distribuidor (HMS-3B), stop recolector (HMS-5B), stop compresor (HMS-6B) los cuales activan posteriormente los relés electromecánicos (R1-B, R3-B, R5-B, R6-B) y estos desactivan el variador y los contactores activados logrando así detener la planta de clasificación, en caso de que se presente alguna falla en el variador, distribuidor, recolector y compresor se envía una señal al PLC el cual bloquea el funcionamiento de la planta además si falla el variador se activa el piloto indicador (LLH-1C), si es el motor del distribuidor se activa el piloto (LLH-3B) y si es el recolector se activa el piloto indicador(LLH-5B) por ultimo si falla el compresor se activa el piloto (LLH-6B).

A.1.3 Desarme planta de clasificación.

Una vez se realiza el plano de la planta de clasificación se procede a el desarme solo de los paneles y del tablero de control retirando toda la instrumentación, los elementos que están montados sobre la bandas como los cilindros neumáticos y los motores se dejan en su posición.



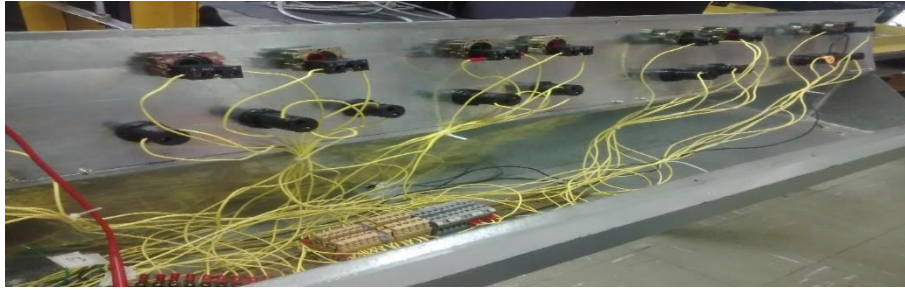


Figura. 16. Desarme planta de clasificación

A.1.3.1 Revisión de los elementos actuales, principalmente elemento de captura de imagen e iluminación.

Una vez desarmada se procede a inspeccionar toda la instrumentación y elementos que se encontraban en ese momento en la planta de clasificación.

El PLC y el Variador habían sido retirados por presentar fallas, la HMI no se encontraba en su sitio ya que había sido retirada para conectarla a otra planta con el fin de que los estudiantes practicara en ella, los demás elementos como relés electromecánicos, contactores, relés térmicos, válvulas neumáticas, reguladores de presión, fuentes de voltaje, relés de estado sólido, breaker, pulsadores, pilotos y sensores ópticos al momento de la inspección no presentaron fallas, los cilindros neumáticos y los motores que están en la banda tienen buen funcionamiento.

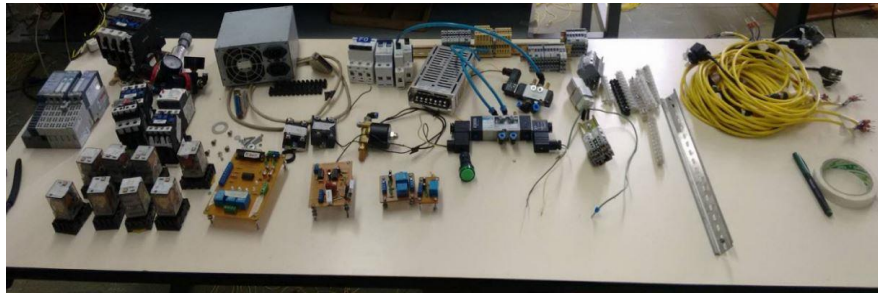


Figura. 17 Instrumentación de la planta de clasificación

Con respecto a la parte de visión se retiró la cámara Logitech, las dos lámparas led, y el sensor trigger estas se revisan conectando la cámara a otra pc y realizando tomas comprobando que esta se encuentra en buen funcionamiento e igualmente las dos lámparas utilizadas para la iluminación se encuentran en buen estado lo mismo sucede con el sensor el cual detecta la presencia de objetos.

A.1.3.2 Selección de los elementos que pueden continuar usándose en la planta.

En la selección de los elementos que están en buen estado se analiza cuáles serían fundamentales para el nuevo diseño de la planta clasificadora.

Tabla 10 Selección de Instrumentación

INSTRUMENTACIÓN
Cámara
Lámparas led
Sensores y sensor trigger
Cilindros neumáticos
Válvulas neumáticas
Reguladores de presión
Fuente de voltaje
Relés térmicos
Contactores
Relés electromecánicos
Breaker
Pulsadores
Pilotos
Borneras
Regletas

A.2 Rediseño planta de clasificación

La Planta Clasificadora en su diseño anterior contaba con partes modulares, lo cual permitía ejecutar ciertas tareas sin tener la necesidad de poner en marcha todo el sistema, por ejemplo encender sólo el distribuidor. Esta planta en particular no es funcional activarla por áreas, para ello, se rediseñó compactando todo el sistema, con lo que se logró eliminar el tablero de control y así reducir gran cantidad de instrumentación; esto se especifica en la Tabla 11.

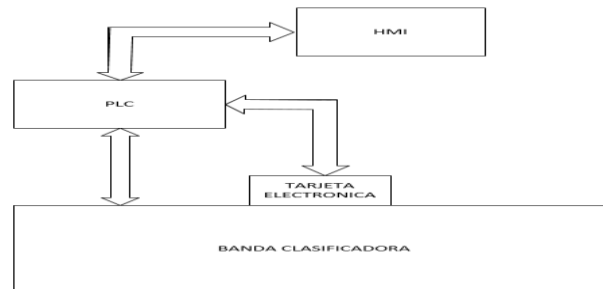
Tabla 11 Comparación de equipos de la Planta Clasificadora antes y después del rediseño

Equipos-Planta Clasificadora		
Nombre del equipo	Cantidad de Elementos Antes	Cantidad de Elementos Después
Motor AC trifásico	1	1
Caja reductora	1	1
Encoder incremental	1	1
Banda principal	1	1
Banda auxiliar	1	1
Motor monofásico AC	2	2
Cilindro neumático I	1	1
Cilindro neumático II	1	1
Sensores ópticos	7	5
Tablero de control	1	0
Pilotos	15	5
Pulsadores	8	2
Selector multitecla	1	0
Fuente de poder	1	1
Relé de estado sólido	2	2
Fusible	2	2
Arduino	2	0
Electroválvula neumática 5/2	1	1

Electroválvula neumática 5/3	1	1
Electroválvula neumática N.C.	1	1
Reguladores neumáticos	2	2
Tarjeta circuito de adecuación 1	1	1
Tarjeta circuito de adecuación 2	1	1
Programador lógico programable	1	1
Adaptador DeviceNet	1	0
Fusible	1	1
Fusible	1	1
Contactador Industrial I.	3	2
Contactador Industrial II.	1	0
Relé Térmico I	2	1
Relé térmico II	1	1
Relés Electromecánicos	8	2
Panel View	1	1
Variador de velocidad	1	1
Compresor	1	1

A.2.1 Selección de equipos

Se realiza un bosquejo de los elementos principales que hacen parte de la nueva restructuración de la planta de clasificación.



A continuación, se enumera las funciones que debe cumplir cada uno de los equipos seleccionados, para lograr el correcto funcionamiento de la Planta Clasificadora.

PLC:

- Activar las electroválvulas
- Activar los motores
- Recibir señales de los sensores ópticos.
- Enviar y recibir señales de la HMI
- Enviar y recibir señales del sistema electrónico
- Enviar y recibir señales del variador y encoder
- Recibir señales en caso de falla

PanelView:

- Elegir el tipo de algoritmo.
- Elegir velocidad de la banda.
- Elegir la cantidad de elementos.
- Arranque y Stop de la planta.
- Alarmas en caso de falla.

Variador

- Recibir señales del PLC
- Variar la frecuencia de salida.

Estos equipos no se encontraban en la Planta Clasificadora, ya que fueron retirados debido a su mal funcionamiento, entre ellos, el PLC, PanelView y el variador; estos equipos hacen parte fundamental para el proceso de clasificación de piezas, por lo que surge la necesidad de sustituirlos teniendo en cuenta las siguientes características:

- Cantidad de entradas y salidas que puede manejar.
- Costo de los equipos.
- Licencia para operarlos.
- Protocolo de comunicación.
- Sistemas de protección que permitan mitigar los daños que se pueden presentar en un proceso.

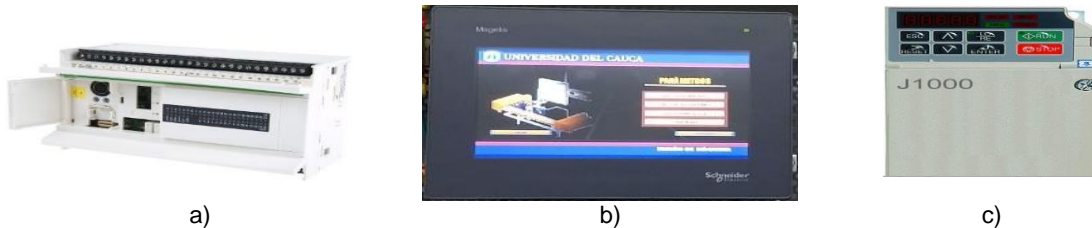


Figura. 18. Elementos seleccionados para la Planta Clasificadora. a) PLC. b) PanelView. c) Variador.

A.2.2 Etiquetado de equipos

Se etiquetan todos los instrumentos y accesorios que hacen parte del proceso de clasificación, definiendo así las TAG para la planta clasificadora. En la Tabla 12, se muestra TAGs asignadas.

Tabla 12 . TAG asignada a elementos de la Planta Clasificadora
Fuente: Elaboración Propia.

TAG	REF.	NOMBRE DEL EQUIPO
M3	M3461 W186 Baldor Electric Co,	Motor AC trifásico
ENC	DRC C152-421-1000-120CLL	Encoder incremental
-	Banda principal Banda auxiliar	Banda principal Banda auxiliar
MD MR	Motor monofásico a 110 v AC de 200 RPM	Motor monofásico AC

CN-1	MindMan-doble efecto 16mm x 200mm de recorrido	Cilindro neumático I
CN-2	MindMan-doble efecto, diámetro 32mm x 350mm de recorrido.	Cilindro neumático II
S [1-5]	42EF-D1JBAK-F4 Allen Bradley	Sensores ópticos
A [1-5]	17525 EBC	Pilotos
B [1-2]	XB2-EA Idea	Pulsadores
ES	ACC107	Fuente de poder
E-VAL 2	MVSP 1804E1 MindMan	Electroválvula neumática 5/2
E-VAL 1	MVSC-260-4E2C	Electroválvula neumática 5/3
E-VAL D	2W-025-08	Electroválvula neumática N.C.
REG[1-2]	Reguladores neumáticos	Reguladores neumáticos
TJ1	Tarjeta acondicionadora de señal	Tarjeta circuito de adecuación 1
TJ2	Tarjeta acondicionadora de señal	Tarjeta circuito de adecuación 2
-	6x4 mm 0816L SANG A	Manguera Tubing
PLC	PLC Telemecanique TWDLCAA40DRF	Programador lógico programable
Br1	AKB1- 63 C20 Yuanky	Fusible
Br2	AKB1- 63 C20 Yuanky	Fusible
C [1-2]	00121/LC1D12 EBC	Contactador Industrial.
Q1	D1314 EBC	Relé Térmico I
Q2	B600R300 Wesley	Relé térmico II
R [1-2]	47700 EBC	Relés Electromecánicos
HMI		Panel View
VAR	J1000	Variador de velocidad
-	DIN 28-12AWG	Borneras
-	--	Regleta
COMP	--	Compresor

A.2.3 Tarjeta de acondicionamiento

Dentro del proceso, se desarrollaron dos tarjetas de acondicionamiento de señales para acoplar el PLC al encoder y al variador con el fin de controlar la velocidad de la banda transportadora. A continuación, se describe el desarrollo de cada una de las tarjetas acondicionadoras.

A.2.3.1 Acople y funcionamiento Encoder - PLC.

Para poder conectar el encoder al PLC presentaba un inconveniente no se cuenta con un módulo como el diseño anterior, el cual servía para conectar el PLC Micrologix.

El encoder que tiene la planta es un encoder incremental, tiene dos señales de salida llamadas "A" y "B". Estas señales están configuradas con un desplazamiento de 90°, que es necesario para la detección de la rotación del encoder. Al girar el encoder en el sentido de las agujas del reloj, el pulso "A" sube 90 ° por delante del pulso "B", girando el eje en el sentido contrario a las agujas del reloj, el pulso "B" se eleva por delante del pulso "A". Además, el encoder incremental emiten una señal "Z" en cada rotación, esta señal Z está aumentando típicamente 90 °, en la misma posición exacta. Esto se puede usar como un punto de referencia preciso. Este encoder también tiene señales diferenciales adicionales, llamadas "A-", "B-" y "Z-". Estas señales son señales invertidas y sirve para comparar cada par ("A+" debe ser

igual a "A-" invertido) para garantizar que no haya ningún error durante la transmisión.

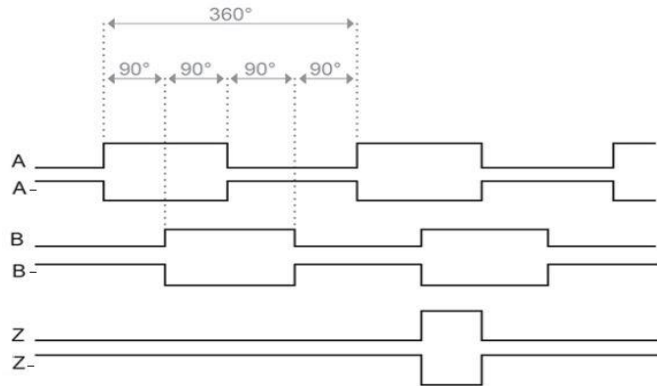


Figura. 19. Señal de pulsos enviados por el encoder

Se conectó el encoder a una fuente de voltaje de 5 Vdc y su salida A hacia la entrada (%I0.1) del PLC, la cual es una entrada especializada para recibir pulsos de alta frecuencia.

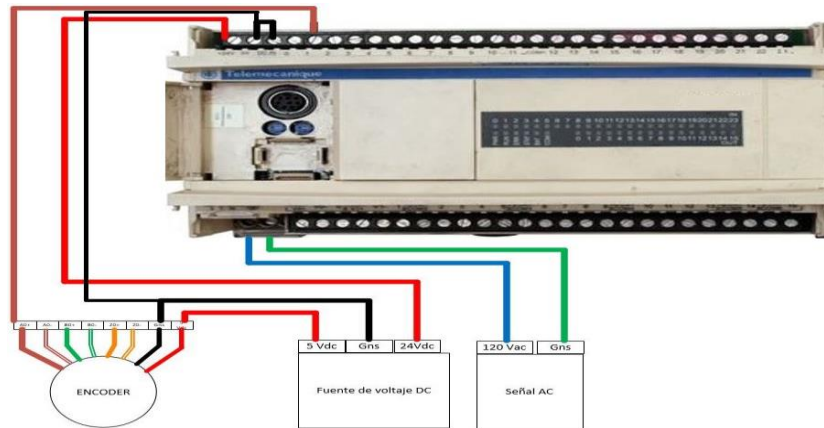


Figura. 20 Conexión PLC-Encoder

Como la salida A+ del encoder envía pulsos de 5 Vdc hacia el PLC este no reconoce la señal ya que es menor de 24 Vdc por lo tanto se diseñó en ISIS (Proteus Design Suite) un circuito con el cual permitiera elevar la amplitud.

Se utilizó 3 resistencias y un transistor el cual opera entre la región de corte y saturación, a la base del transistor se le envía el tren de pulsos proveniente del encoder y en el colector se conecta la fuente de 24 Vdc, con el fin de obtener a la salida un tren de pulsos de 24 Vdc el cual se envía a la entrada (%I0.1) del PLC.

Se diseñó el circuito y posteriormente se simuló en VSM (sistema virtual de modelado) el cual está asociado con ISIS permitiendo ver en tiempo real el comportamiento del circuito.

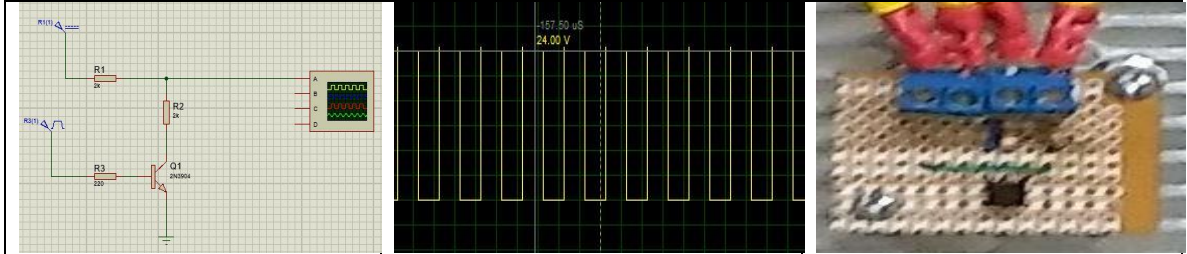


Figura. 21. Circuito acondicionador

A.2.3.2 Tarjeta acondicionadora 2

Para poder conectar el variador al nuevo PLC no se contaba con un módulo de señales analógicas. En la planta inicial el PLC Micrologix 1500 Allen Bradley incluía el módulo 1769IB4XOF2, por lo tanto, se utiliza la salida PWM (Q0.0) del controlador PLC para modificar la frecuencia de salida en el variador.

El variador utiliza una entrada de señal analógica que varía entre 0 – 10 Vdc, la cual me permite modificar la frecuencia de salida, se pretende utilizar la salida PWM del PLC para ingresarla como una señal de voltaje de entrada que varía al modificarle el ancho de banda.

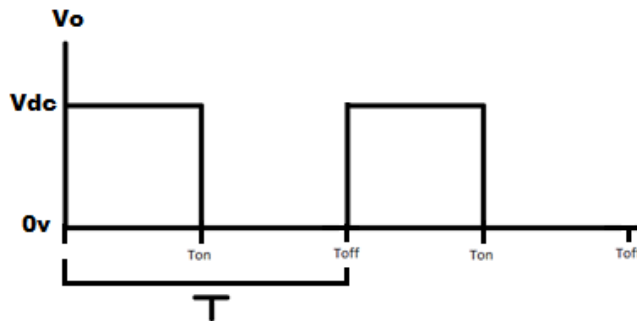


Figura. 22. Salida PWM

$$V_{dc \text{ promedio}} = \frac{1}{T} \int_0^t v_0 dt = \frac{1}{T} \left[\int_0^{ton} v_{dc} dt + \int_{ton}^{toff} 0_v dt \right] = \frac{(t_{on})}{T} * V_{dc}$$

Se utiliza el bloque PWM.

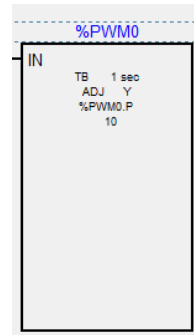


Figura. 23 Bloque PWM

En el PLC se utiliza la salida Q0.0, salida de transistor y por medio de esta se obtiene la señal PWM

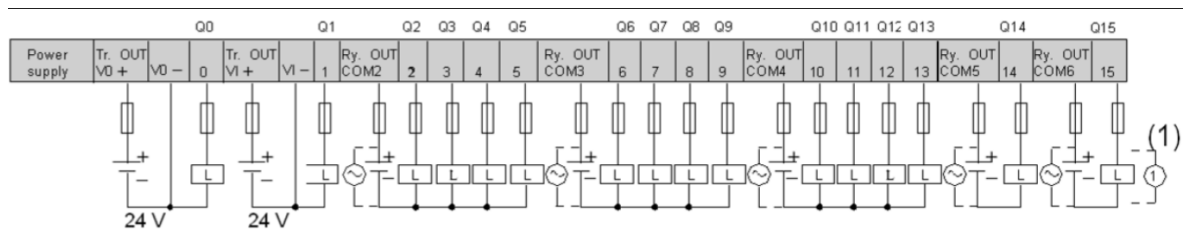


Figura. 24 Salidas del PLC

Se conectó como carga una resistencia de 1 khm, como muestra la figura.

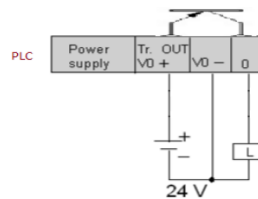


Figura. 25 Carga conectada a la salida Q0.0 del PLC

Se procedió a configurar el bloque PWM según la siguiente figura.

Figura. 26. Configuración bloque PWM

$$t_{on} = P * TB \left(\frac{R}{100} \right)$$

$$P + TB = t_{on} + t_{off}$$

Donde

P = preselección

TB = base de tiempo

R = ciclo de servicio

Se diseña un Ladder de programación con el fin de probar el bloque PWM, se modifica R con el fin de variar t_{on}

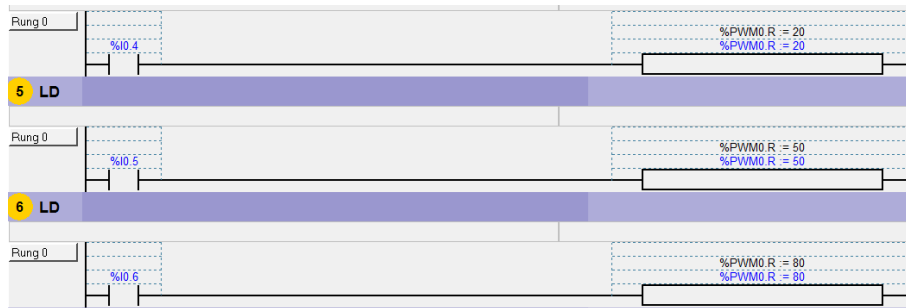


Figura. 27. Ladder de prueba

Por lo tanto si R = 20%

$$t_{on} = 10 * 1 s \left(\frac{20}{100} \right) = 2 \text{ seg}$$

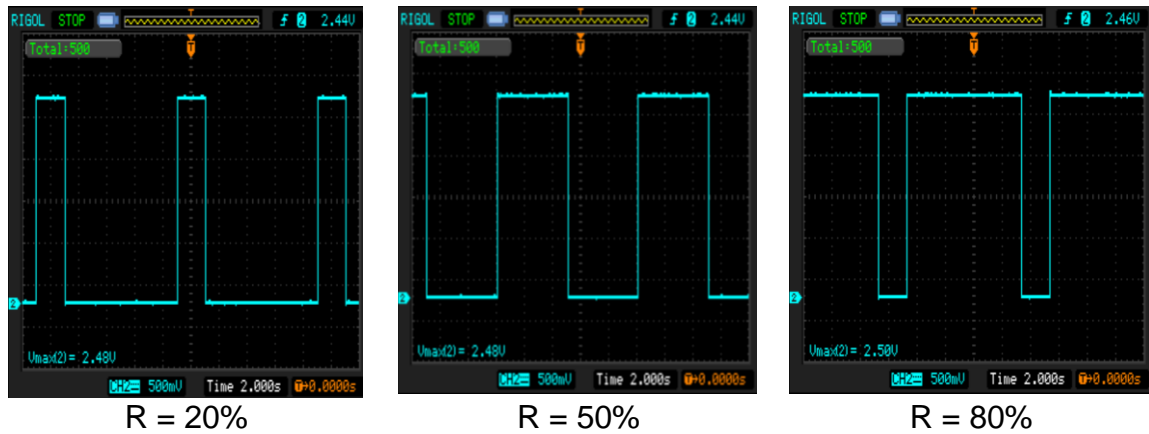
Si R=50%

$$t_{on} = 10 * 1 s \left(\frac{50}{100} \right) = 5 \text{ seg}$$

Si R = 80 %

$$t_{on} = 10 * 1 s \left(\frac{80}{100} \right) = 8 \text{ seg}$$

Se utiliza una fuente de voltaje de 24 Vdc. La medición se realiza con osciloscopio a una escala de 10x y posteriormente estos fueron los resultados.



Con lo cual se observa que se modificaba el ancho de banda de la salida PWM, la amplitud es fija pero al modular el ancho de banda lo que cambia es el voltaje promedio, e igualmente se realiza la conexión PLC Variador cambiando el porcentaje de salida del PWM.

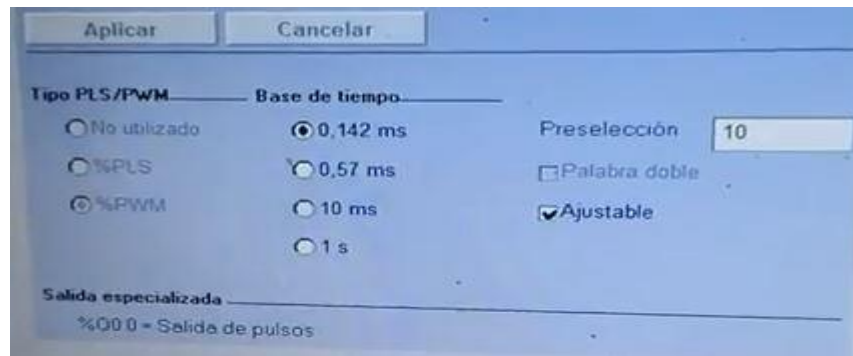


Figura. 28. Reconfiguración del bloque PWM

La primera prueba fue con un 80% de la señal que dan como resultado un voltaje promedio de 5.94V y una frecuencia de 35.7 Hz, la segunda con el 50% y se obtuvo un voltaje promedio de 3.75V y una frecuencia de 22.5 Hz y la tercera con un 20% se obtuvo una frecuencia de 4.3 Hz.

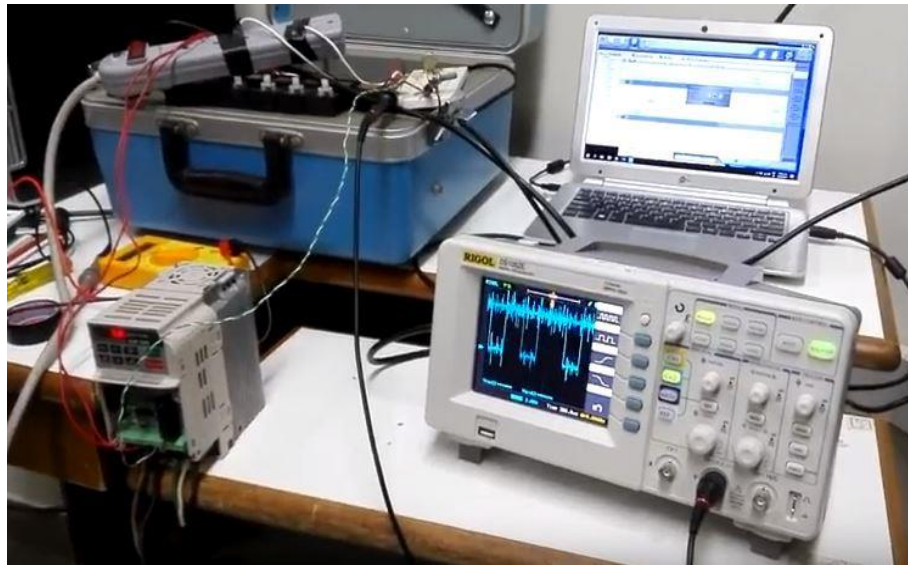


Figura. 29. Prueba de señal PWM

Con la prueba se evidencia que la señal cuenta con interferencia por lo tanto se diseñó un circuito RC en la salida del PLC para filtrar la señal con el fin de poder estabilizar la señal, para ello también se tuvo en cuenta la impedancia a la entrada del variador.

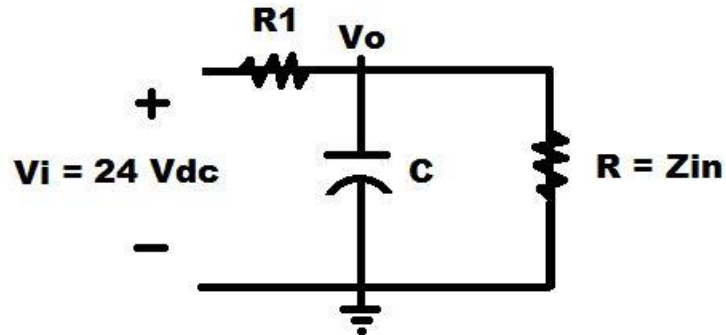
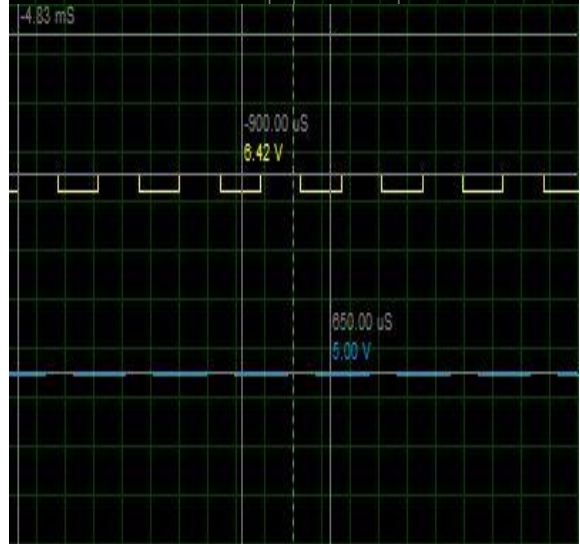
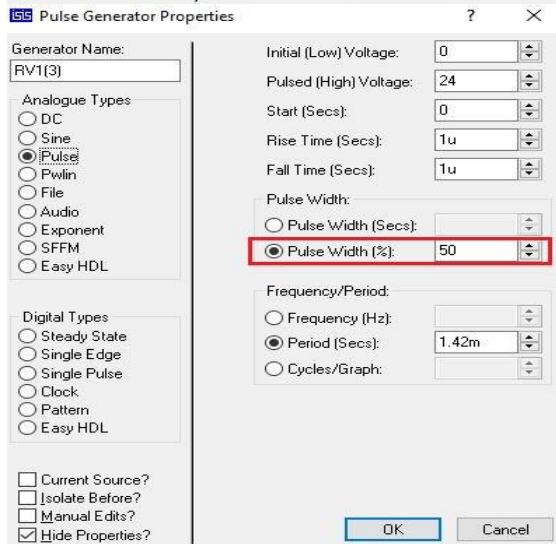
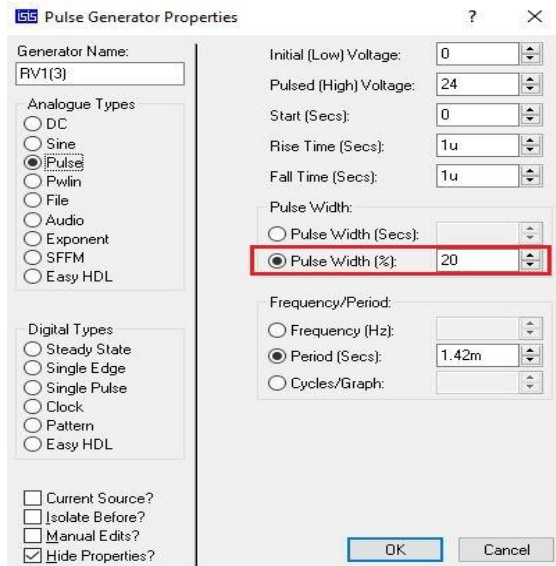


Figura. 30. Circuito rc

Observando en el manual del variador J1000 la impedancia de entrada es de 20 Kh.



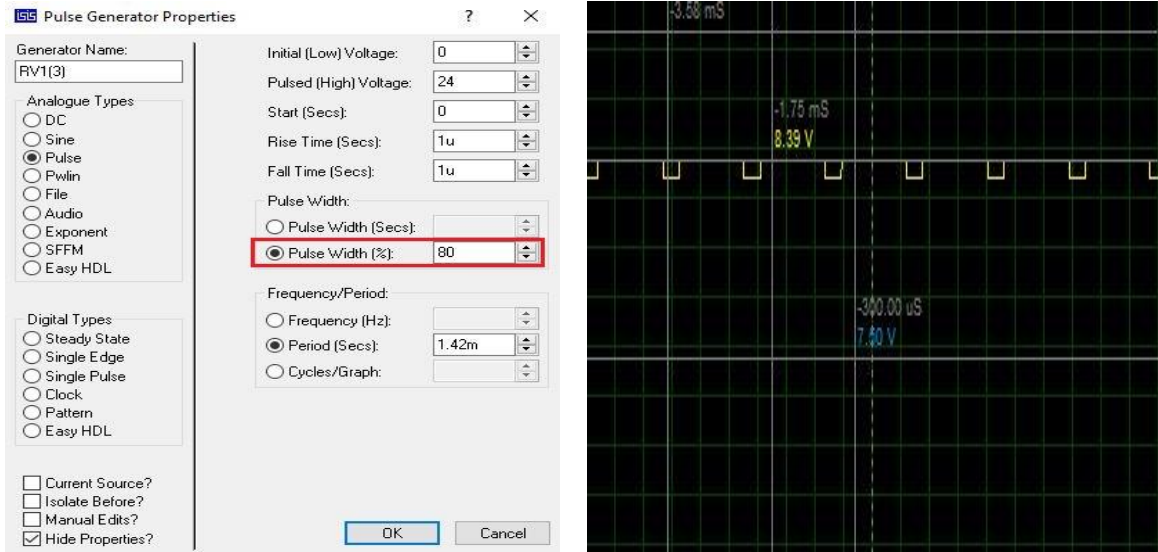


Figura. 33. Señal de prueba modificando el ancho de banda

El variador se conecta de la siguiente manera, se coloca los dos switch: Uno en la posición V, y el otro en Sink, uno con el fin que la entrada analógica fuera de voltaje y el otro con el fin de trabajar con la fuente interna de 24 Vdc, se trabajó con S1 el cual es arranque y paro, también con S4 en caso de fallo resetea el variador, se utiliza MA y MB con el fin de señalar a la entrada del PLC el estado del variador, A1 y AC se conectan a la tarjeta acondicionadora la cual se conecta al PLC por la salida PWM.

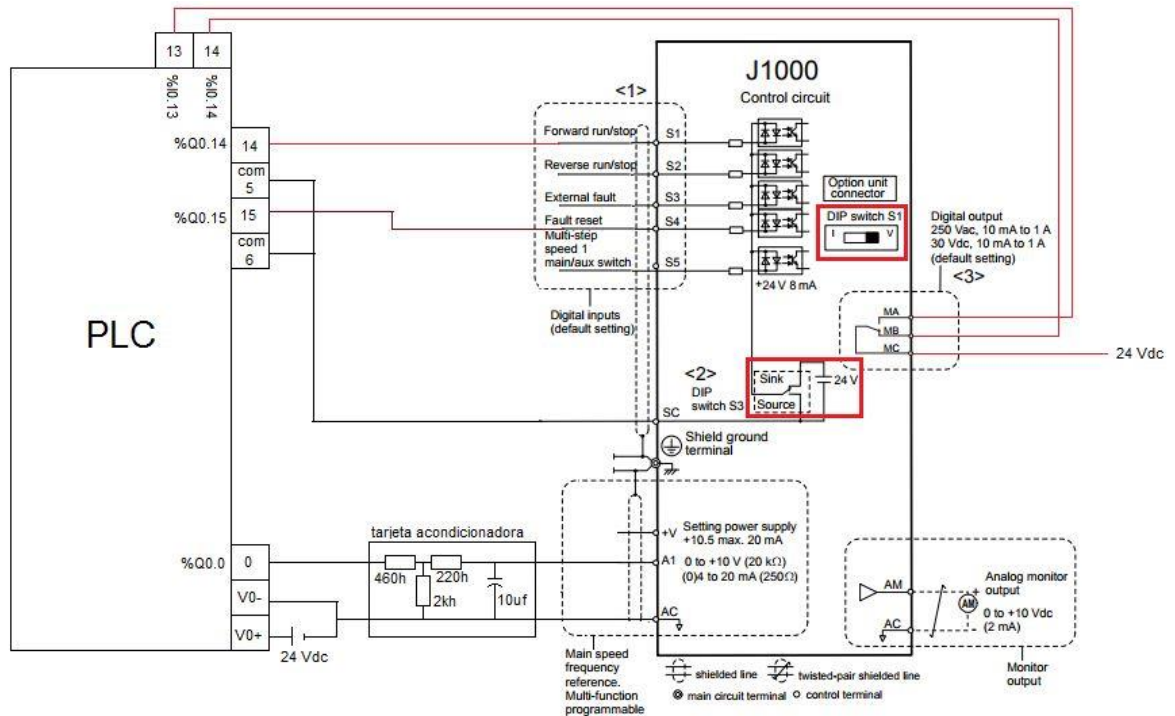


Figura. 34. Diagrama de conexión PLC-Variador

A.2.3.3 Escalización de la velocidad de la banda

Para calcular la velocidad de la banda se varía la frecuencia de 0 al 100% y se registra la velocidad de desplazamiento y los pulsos entregados por el encoder cada 5%, organizando los datos obtenidos en la Tabla 13

Haciendo uso de la función **polyfit** de Matlab se ajustan los datos hallados a un polinomio de grado n.

```
x= [13980 16130 17950 19455 20790 21910 22960 23810 24650 25400 26030 26660 27260 27650 28120
28550 28860]
y= [11.56 14.08 15.77 16.69 17.64 19.01 19.49 19.76 21.64 22.42 24.03 24.15 24.93 25.18 26.04 26.38 26.52]
p= polyfit(x,y,1)
f= polyval(p,x)
```

Se obtiene finalmente un polinomio de grado uno.

$$F = 0,001x + 2,833$$

La función se introduce en el algoritmo del Ladder, obteniendo la velocidad de desplazamiento de la banda cada vez que se modifica la velocidad de giro del motor trifásico.

Tabla 13 Relación de frecuencia, pulsos y velocidad de la banda transportadora

Frecuencia (%)	Pulsos/seg.	Velocidad Banda(cm/s)
20	13980	11,56
25	16130	14,08
30	17950	15,77
35	19455	16,69
40	20790	17,64
45	21910	19,01
50	22960	19,49
55	23810	19,76
60	24650	21,64
65	25400	22,42
70	26030	24,03
75	26660	24,15
80	27260	24,93
85	27650	25,18
90	28120	26,04
95	28550	26,38
100	28860	26,52

A.2.4 Realización del plano eléctrico de la planta reestructurada

Una vez ya definido el rediseño de la planta de clasificación y los dispositivos periféricos conectados para su funcionamiento se procede a realizar el plano eléctrico definiendo los elementos a utilizar con las nuevas TAG para la planta rediseñada.

Inicialmente se enumeran los elementos esenciales para el funcionamiento de la planta:

- Para el arranque de los motores monofásicos AC se necesitan los contactores y los relés térmicos.
- Para el accionamiento de los cilindros neumáticos se necesitan las electroválvulas
- Para la detención de los objetos se necesitan los sensores ópticos
- Para el funcionamiento del motor trifásico se necesita el variador.
- Para el control de las variables se requiere del PLC.
- Para la alimentación de señales DC se requiere de una fuente de voltaje DC.
- Para la señalización de que existe alimentación en el sistema se necesita pilotos.
- Para el arranque y paro de la planta se necesitan un par de pulsadores.
- Para el control y monitoreo de la planta se necesita una interfaz gráfica (HMI)
- Para la protección del sistema se necesitan de fusibles o breaker
- Para el procesamiento de imágenes, conexión de la cámara y demás periféricos para el buen funcionamiento de la visión de maquina se necesita de un dispositivo electrónico.
- Para conexión del encoder y el buen funcionamiento de los dispositivos se requiere de tarjetas acondicionadoras de señales.

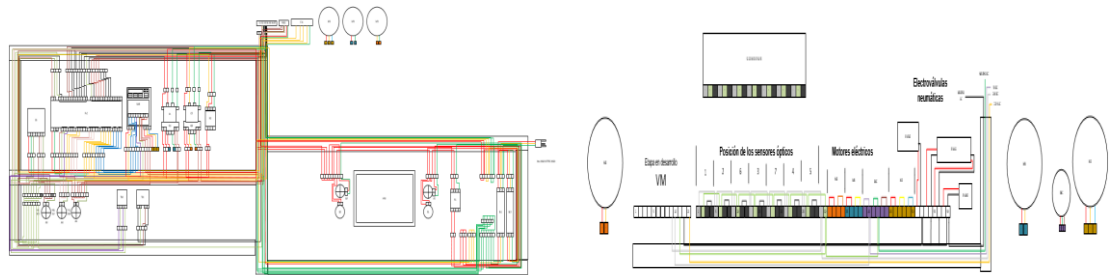


Figura. 35. Diagrama de lazo

A continuación se muestran los diagramas de flujo, P&ID, Mando y potencia.

A.2.4.1 Diagrama de flujo

En este diagrama se describe la trayectoria que siguen las piezas sobre la banda principal y auxiliar. Por medio del motor trifásico M3, se logra el movimiento de las bandas trasladando las piezas a través de sistema de clasificación; el cilindro neumático CN-1 se encarga de mover el acumulador entre dos posiciones: abierto y cerrado permitiendo la circulación de piezas sobre las bandas. Por su parte el motor distribuidor MD traslada las piezas de la banda auxiliar a la banda principal y un cilindro neumático CN-2 controla el movimiento del clasificador entre cuatro posiciones, y por ende ubica cada pieza en la trayectoria correcta según su tipo, además del motor MR-5 acciona el movimiento del recolector, el cual ubica la pieza nuevamente sobre la banda auxiliar

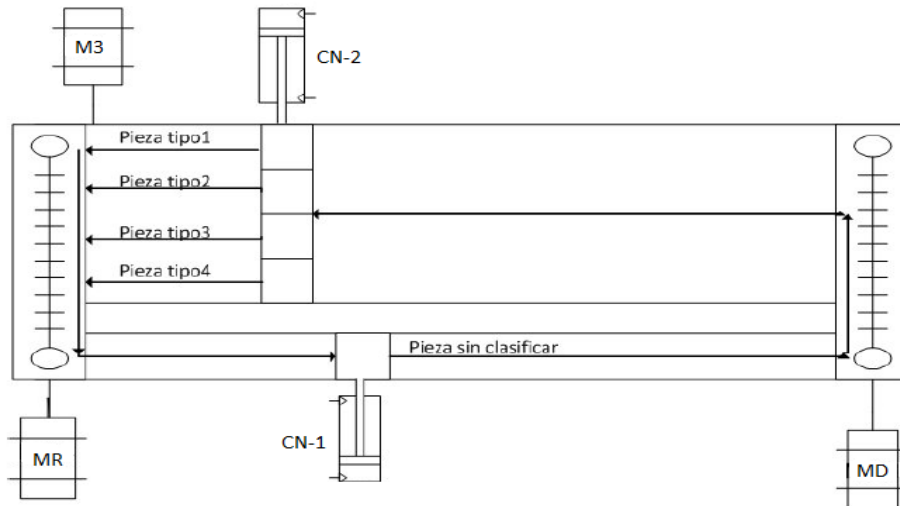


Figura. 36. Diagrama de flujo

A.2.4.2 Diagrama P&ID

La planta contiene cuatro lazos de control:

- **Control de velocidad:** El lazo de control de velocidad funciona fijando el valor de la velocidad desde la HMI hacia el PLC el cual mediante el módulo de pwm envía la señal del variador VAR quien ejecuta la acción correspondiente para modificar la velocidad.
- **Control de Piezas:** Al iniciar el proceso para el control de piezas se envía una orden desde el PLC a la válvula neumática E-VAL2 que permite el paso de aire para ubicar el cilindro neumático CN-2 en la posición de apertura del acumulador; cuando se han terminado de clasificar todas las piezas, se envía la orden para que el acumulador vuelva a la posición de cerrado.
- **Control Posicionador:** Para el lazo de control del posicionador, el sensor trigger TRI detecta la presencia de una pieza. La aplicación de visión se encarga de la captura y procesa la imagen, envía la decisión de clasificación (tipo forma o color) al PLC, el cual determina la posición deseada en la que debe ubicarse el cabezal del clasificador; cuando la pieza pasa por el sensor óptico S1 detecta la presencia de ésta mandando una señal al PLC, que también recibe la señal de los otros cuatro sensores para determinar la posición actual del cabezal y por medio del cilindro neumático CN-2 (conectado al cabezal) y la válvula neumática E-VAL1 se manipula la dirección de movimiento del vástago. Cuando el cabezal del clasificador se encuentra en la posición correcta, los sensores envían la señal y el PLC envía la orden de detenerlo, clasificando la pieza de acuerdo a su tipo.
- **Control de visión:** se encarga de la captura y procesamiento de la imagen, envía la decisión de clasificación (tipo forma o color) al PLC, el cual ubica el cabezal del clasificador. El Diagrama P&ID del sistema de clasificación se muestra en la Figura. 37.

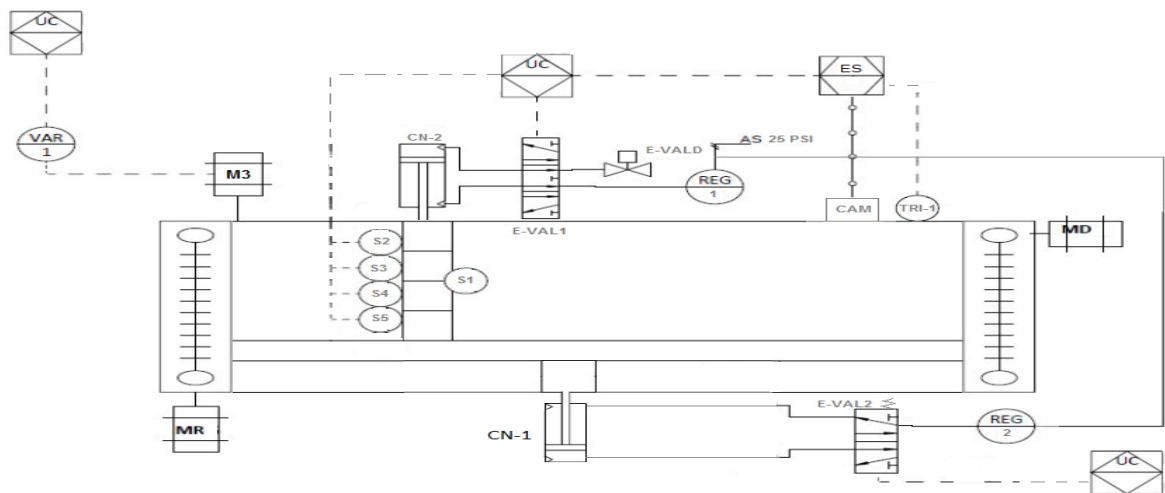


Figura. 37. Diagrama P&ID

A.2.4.3 Diagrama de Mando

En la Figura. 38. se muestra el diagrama que representa la lógica cableada de la planta de clasificación donde se incluyen los equipos que reciben la información de los distintos elementos de captación.

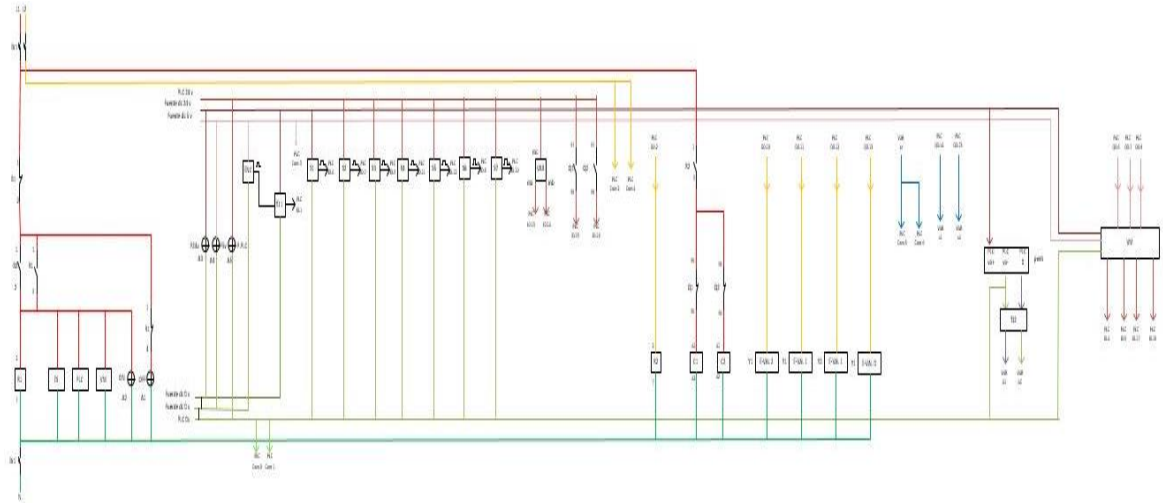


Figura. 38. Diagrama de Mando y control.

A.2.4.4 Diagrama de potencia

A continuación, se muestra en la Figura. 39, el diagrama de potencia donde se ejecutan las órdenes dadas por el circuito de mando.

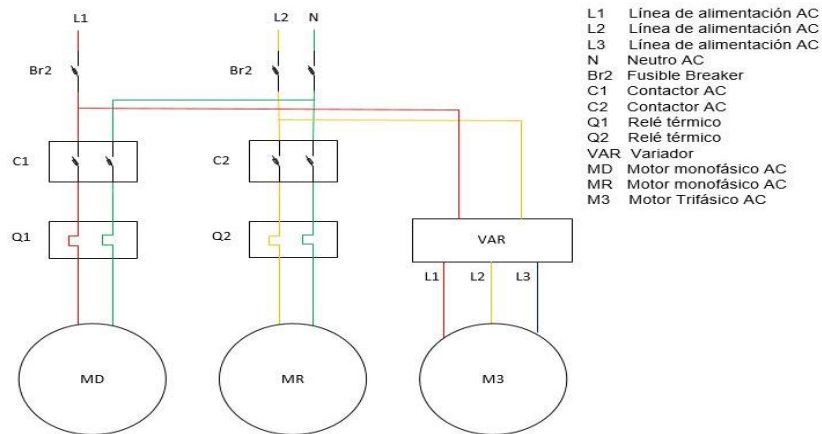
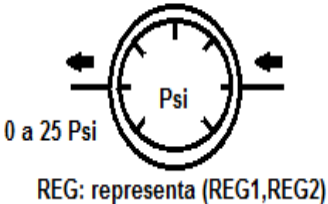
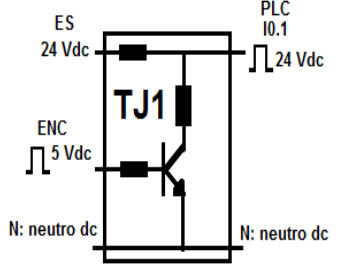
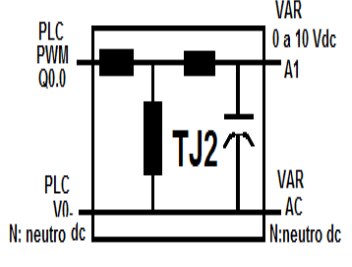
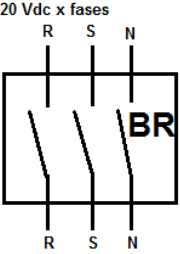
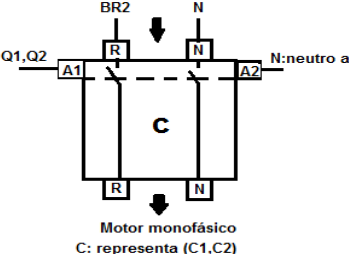
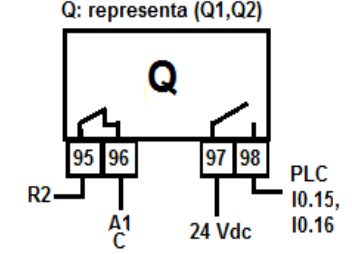
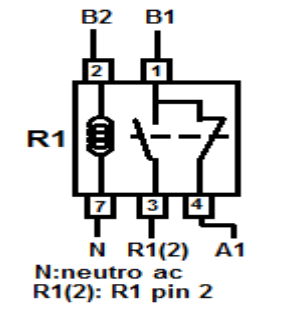
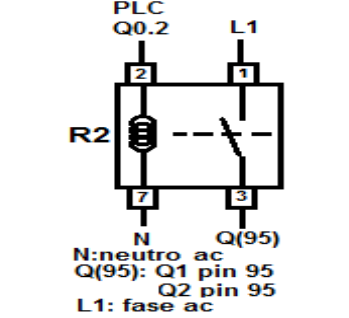
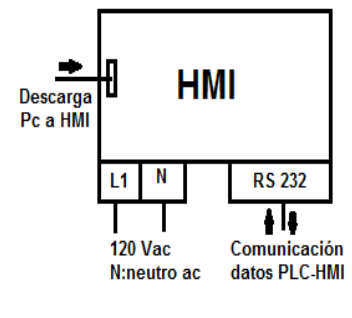
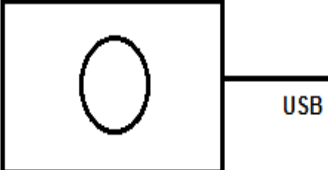
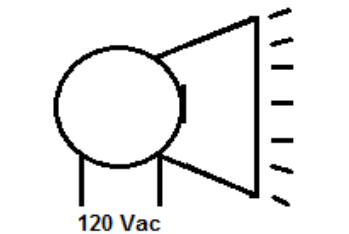
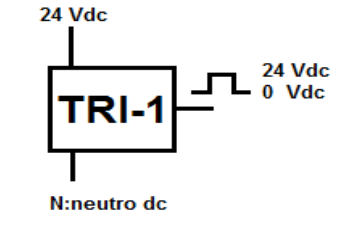


Figura. 39. Diagrama de potencia

<p style="text-align: center;">REG</p>  <p style="text-align: center;">REG: representa (REG1,REG2)</p>	 <p style="text-align: center;">TJ1</p>	 <p style="text-align: center;">TJ2</p>
<p>Breaker</p> <p>120 Vdc x fases</p>  <p style="text-align: center;">BR</p> <p>Lineas R Fase 1 S Fase 2 N neutro ac</p> <p style="text-align: center;">BR: representa (BR1,BR2)</p>	<p>Contactor</p>  <p style="text-align: center;">C</p> <p style="text-align: center;">Motor monofásico C: representa (C1,C2)</p>	<p>Relé térmico</p> <p>Q: representa (Q1,Q2)</p>  <p style="text-align: center;">Q</p>
<p>Relé electromecánico</p>  <p style="text-align: center;">R1</p> <p style="text-align: center;">N: neutro ac R1(2): R1 pin 2</p>	<p>Relé electromecánico</p>  <p style="text-align: center;">R2</p> <p style="text-align: center;">N: neutro ac Q(95): Q1 pin 95 Q2 pin 95 L1: fase ac</p>	<p>PanelView</p>  <p style="text-align: center;">HMI</p>
<p>Cámara</p> <p style="text-align: center;">CAM</p>  <p style="text-align: center;">USB</p>	<p>Lámpara</p>  <p style="text-align: center;">120 Vac</p>	<p>Sensor trigger</p>  <p style="text-align: center;">TRI-1</p>

ANEXO B. Instalación del sistema embebido

B.1 Características de un sistema embebido

Continuación se muestran características comunes en los sistemas embebidos:

Plataforma de sistemas integrados:

- El Microprocesador (MP o μ P) y los microcontroladores (MCU)-RISC, MCU
- Arquitecturas de base Von Neumann and Harvard
- Memoria caché y procesamiento canalización de instrucciones
- Memoria para datos e instrucciones: RAM, PROM – OTP, EEPROM o memoria Flash
- Periféricos: General Purpose Input / Output - GPIO, temporizadores, ADC, DAC y mucho más.

Comunicación:

- RS-232, RS-422, RS-485, UART / USART.
- I2C, SPI, SSC y ESSI, USB.
- Protocolos de comunicación de red: Ethernet, CAN, LonWorks etc.
- Software: Popular OS – QNX4 RIOS, Linux embebido y Linux-base (Android, etc.), iOS, Windows CE, etc.

Herramientas para probar y corregir (Depuración)

- JTAG (Joint Test Action Group) – una interfaz especializada para la prueba saturada PCB
- ISP (In-System Programming) – Programación de Circuito
- ICSP (circuito de programación en serie) - un método para la programación directa del microcontrolador, por ejemplo, de la serie PIC and AVR
- BDM (Modo de depuración de fondo) – utilizado principalmente en productos de Freescale
- IDE (Entorno de desarrollo integrado) – para el desarrollo de programas.

Actualmente se encuentran diferentes tipos de placas en el mercado cada una con sus respectivas ventajas y desventajas, las cuales están diseñadas para cierto tipo de aplicaciones. A continuación mostramos una lista de algunas placas de desarrollo:

- **FRDM-KW41Z:** La Placa de libertad es una placa de desarrollo de bajo costo para la familia de MCU Kinetis. Son Versátiles, simplemente se elige su MCU y se selecciona el software compatible se puede elegir entre una gama de complementos para sensores y kits de expansión para la administración de potencia, al igual que placas adicionales de código abierto.



Directiva RoHS de Europa	Compliant
ECCN (US)	5A992
Type	Development Board
Supported Device	KW41Z/KW31Z/KW21Z
Supported Device Technology	Microcontroller
RAM Size	128KB
Program Memory Size	512KB
Program Memory Type	Serial Flash
USB	1
JTAG Support	Yes
Audio Interfaces	No
Main Program Memory Type	Flash
Daughter Cards	Yes

Figura. 40. Placa FRDM-KW41Z

- **FONA 808 de Adafruit:** El Escudo con celular y GPS FONA 808 es un escudo "todo en uno" para Arduino que incluye tecnología celular y le permite agregar rastreo de ubicación, voz, texto, SMS y datos a su proyecto. Básicamente, es un teléfono celular en un escudo Arduino.



- Quad-band 850/900/1800/1900MHz - connect onto any global GSM network with any 2G SIM (in the USA, T-Mobile is suggested)
- Fully-integrated GPS (MT3337 chipset with -165 dBm tracking sensitivity) that can be controlled and query over the same serial port
- Make and receive voice calls using a headset or an external 32Ω speaker + electret microphone
- Send and receive SMS messages
- Send and receive GPRS data (TCP/IP, HTTP, etc.)
- PWM/Buzzer vibrational motor control
- AT command interface with "auto baud" detection

Figura. 41. FONA 808 de Adafruit

- **Kit básico Synergy S7:** La plataforma Renesas Synergy™ es una plataforma de desarrollo integrada desde donde puede acceder a funciones de MCU detalladas, un completo marco de software integrado y basado en RTOS, middleware validado y herramientas de desarrollo integradas, todo bajo un único conjunto de desarrollo y de forma completa a través de la API. Es un tanto innovadora para el desarrollo integrado, especialmente en cuanto a gráficos en color, audio e interfaz táctil capacitiva.

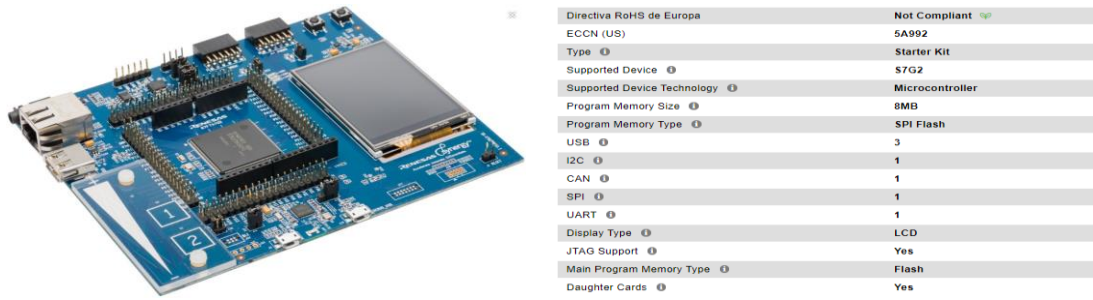


Figura. 42. Placa Kit básico Synergy S7

- Placa DECA:** Con la placa DECA, puede diseñar y acoplarla con una FPGA e interactuar con una amplia gama de sensores, lo que incluye gestos, proximidad, luz ambiental, temperatura, potencia y aceleración. Dos bloques ADC y el hardware integrado les permiten a los usuarios implementar una solución integrada de un solo chip que usa el procesador de núcleo blando Nios II Gen2 de 32 bits RISC de Altera.

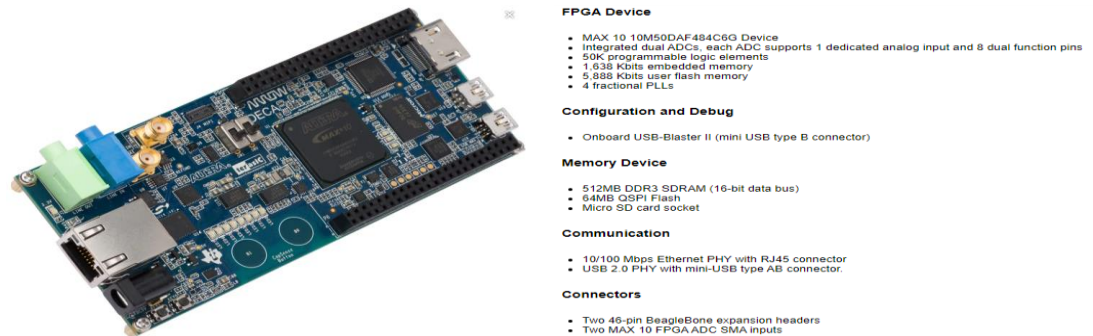


Figura. 43. Placa DECA

- Joule 570X:** Intel ha diseñado esta placa de desarrollo más poderosa hasta la fecha. La CPU Atom T5700 de cuatro núcleos tiene un reloj base de 1,7 GHz, pero puede usar el modo turbo y alcanzar los 2,4 GHz. Se puede combinar con 4 GB de memoria LPDDR4 y 16 GB de memoria flash NAND eMMC, y además admite la reproducción y captura de video 4K. Si bien la placa Joule puede ofrecer rendimiento para cualquier diseño, fue creada para ocupar un nicho específico en el mercado de placas de desarrollo ya que está dirigida a desarrolladores avanzados de aplicaciones de visión artificial y video de mayor rendimiento.

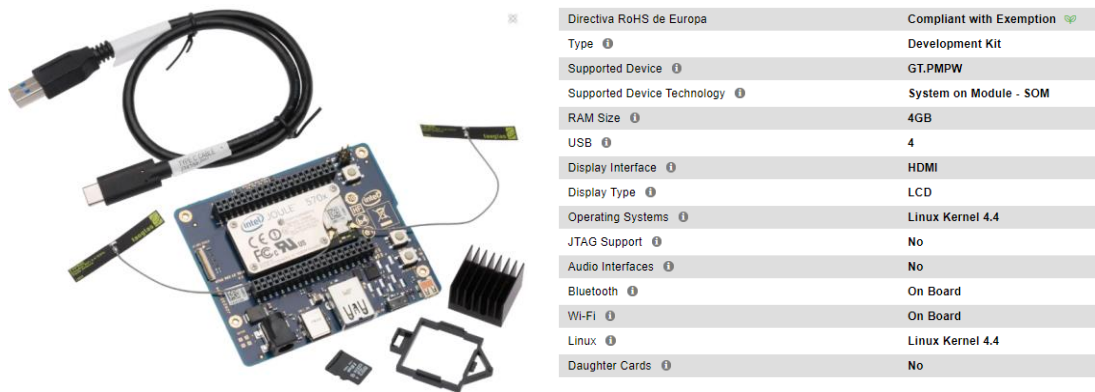


Figura. 44. Placa Joule 570X:

- BeagleBone Black:** Es un producto destacado en el terreno de las plataformas de desarrollo de bajo costo con mucho apoyo de la comunidad. Esta versión viene con un procesador AM3358 ARM Cortex™ A8 de 1 GHz que proporciona abundante potencia de procesamiento para la mayoría de las necesidades de computación, al igual que 512 MB de DDR3L DRAM y 4 GB de memoria flash integrada, lo que realmente la distingue. La BeagleBone Black se destaca cuando se trata de interfaces de expansión. Gracias a que incluye Ethernet, host USB y OTG, ranura de tarjeta microSD, puertos en serie, JTAG (optativo), microHDMI integrado, eMMC, ADC, I2C, SPI, PWM y LCD, puede elegir su forma de expansión e implementarla.

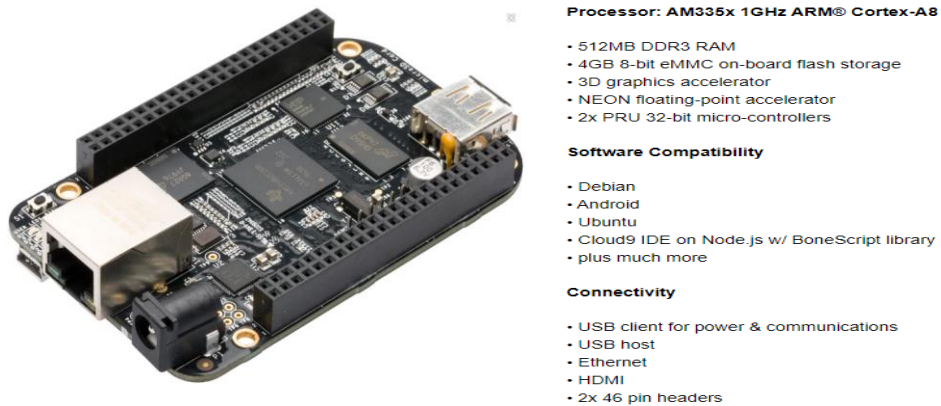


Figura. 45. Placa BeagleBone Black

- Raspberry Pi 3:** Esta placa posee una CPU ARM® Cortex™ A53 de cuatro núcleos de 1,2 GHz y 64 bits que ofrece aproximadamente diez veces el rendimiento de la Raspberry Pi 1. Y, a diferencia de sus predecesoras, incluye una tarjeta LAN inalámbrica 802.11n integrada y capacidad Bluetooth 4.1 para su proyecto.



Figura. 46. Placa raspberry 3 py

B.2 Instalación Sistema Operativo

Se trabajó inicialmente con la tarjeta BeagleBone Black y estos son los pasos que se siguieron para su correcto funcionamiento, la mayoría de los pasos que se usaron para la instalación de la Beagle se usaron para la raspberry.

La Beaglebone Black viene con la distribución de Linux Angstrom. Muchas otras distribuciones de Linux y sistemas operativos también son compatibles con BeagleBone Black, incluyendo: Ubuntu, Android, Fedora, Debian, ArchLinux, Gentoo, Sabayon, Buildroot y Erlang.

Se incorporó una memoria microSD clase 10 de 16GB, con el fin de instalar el sistema operativo Debian, además se necesita tener instalado en el PC la herramienta 7-zip o el WinRaR, para poder descomprimir la imagen del sistema operativo (.img) descargado desde la página Web, también se necesita tener instalado win32-image-writer, el cual permite grabar imágenes de CD o DVD en la tarjeta SD y finalmente PuTTY un emulador de terminal, un programa que permite conectar con máquinas remotas y ejecutar programas a distancia, PuTTY se conecta como cliente a múltiples protocolos, como SSH, Telnet o Rlogin.



Figura. 47 Herramientas para la instalación en la Beagle.

Conectamos la BeagleBone Black al PC por medio del cable USB, posteriormente inicia Linux desde eMMC de 2Gb incorporado en la placa, una vez conectado ilumina led PWR y parpadean los leds (USR).



Figura. 48. Leds indicadores

Luego Ingresamos a nuestro equipo y nos dirigimos hacia los dispositivos y unidades conectados a nuestra PC.

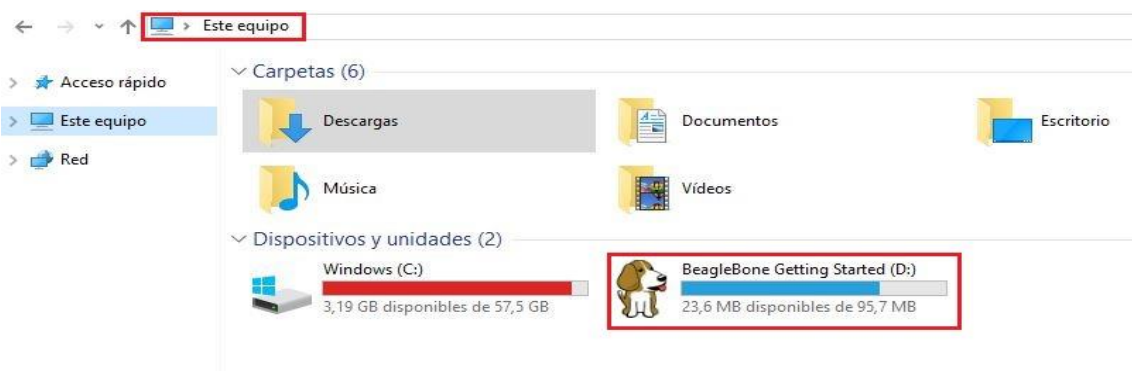


Figura. 49. Dispositivos y unidades

Ingresamos a BeagleBone Getting Started y damos doble click en START.htm Y este nos abre la página beagleboard.org

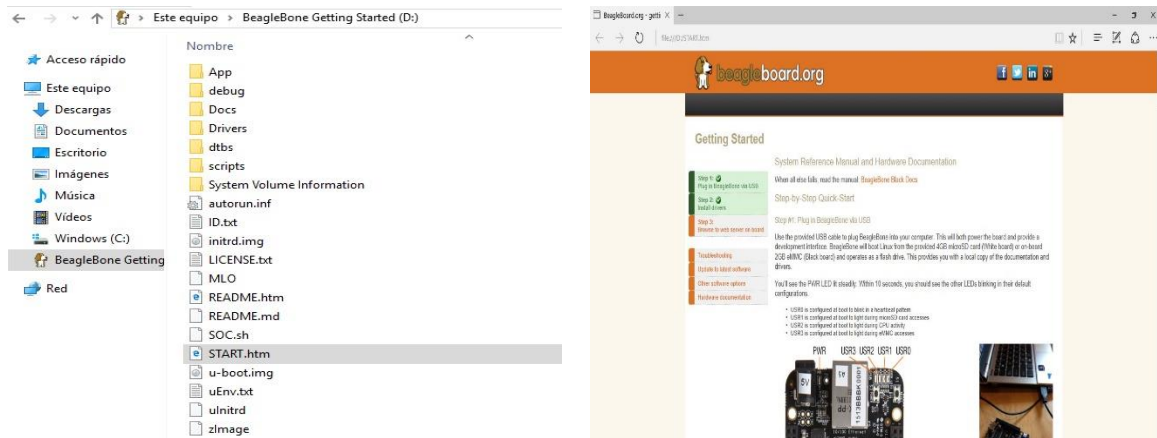


Figura. 50. Capturas de pantalla

El cual es un manual local de referencia y documentación hardware del sistema, se siguen los pasos que se sugieren para una correcta instalación del sistema operativo.

En el paso 2, se instala los controladores dependiendo del equipo PC que se tenga.

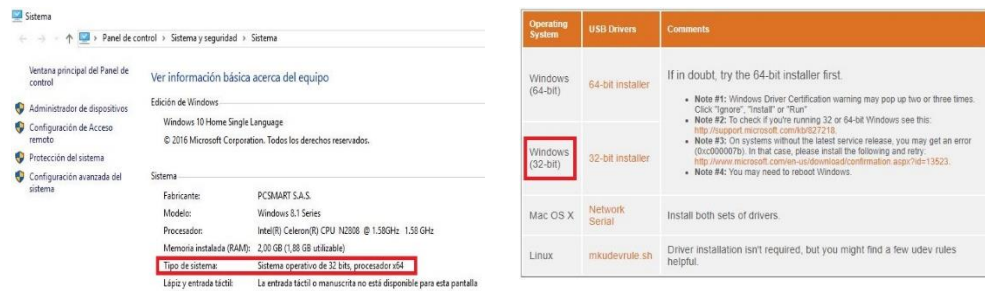


Figura. 51. Controladores.

En el paso 3, nos proporciona una dirección Ip, y por medio de Chrome permite navegar hacia el servidor web de la placa.



Figura. 52. Ip de la placa

Una vez en el servidor de la placa nos muestra si la placa está conectada y funcionando correctamente.



Figura. 53. Servidor placa

Para descargar la última imagen del software se ingresa a <http://beagleboard.org/latest-images>.



Figura. 54. Banco de imágenes

Donde se encuentran varias imágenes para descargar



Figura. 55. Banco de imágenes Beagle

La imagen del sistema operativo que se utilizó en la tarjeta SD fue el siguiente:

Debian-9.1-iot-armhf-2017-09-21-4gb.img

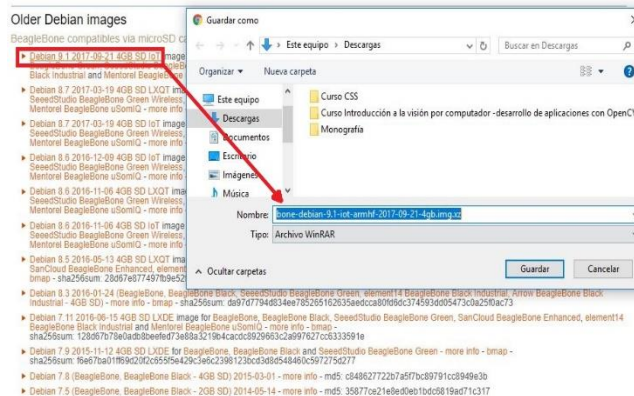


Figura. 56. Selección de imágenes

Se descargado en el PC, se descomprimió con 7-zip y se grabó la imagen en la tarjeta SD con el programa win32-image-writer.



Figura. 57. Tarjeta SD conectada al PC

Se procede a ver la cantidad de espacio utilizado en la tarjeta SD. Desde la búsqueda de Windows ingresamos crear y formatear particiones del disco, una vez estemos en la administración de disco observamos que la memoria de 16Gb solo utiliza 3.32Gb donde se está desperdiciando 11.52Gb, más adelante se procederá a expandir la capacidad de la tarjeta SD.

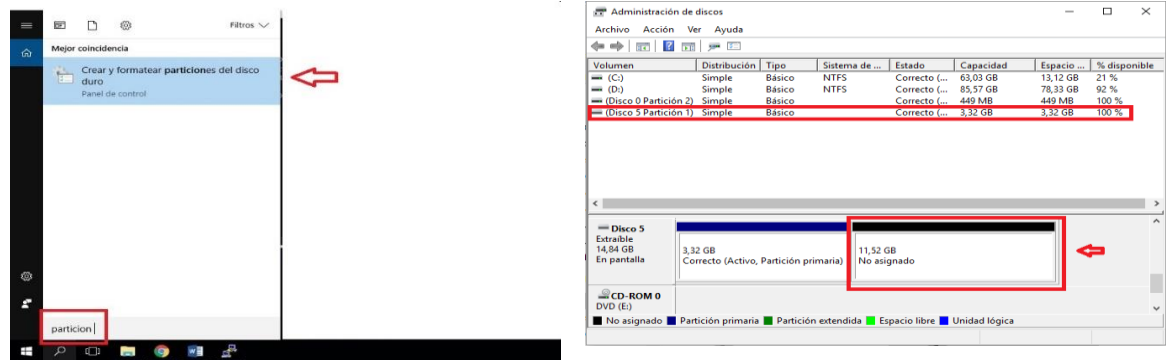


Figura. 58. Particiones de Disco

Se procedió acceder al sistema operativo Debian desde la tarjeta SD, para acceder a ella se inserta la tarjeta en la BeagleBone Black la cual debe estar apagada, se mantiene presionado el botón S2 y se aplica potencia, ya sea mediante el cable USB o el adaptador de 5V, el botón se mantiene en ese estado hasta que enciendan los led (USER LEDES), además la BeagleBone Black también debe estar conectado mediante un cable Ethernet a un enrutador de área local.

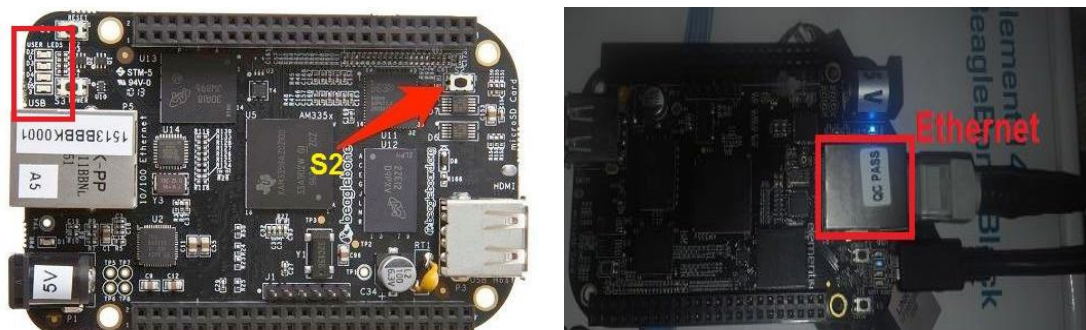


Figura. 59. Conexión Ethernet

Después de realizar este último paso, estaremos dentro del sistema operativo Debian desde la microSD.

Para diferenciar si estamos desde la memoria interna o externa nos basamos en la información que nos brinda al conectar la BeagleBone Black al PC.



Figura. 60. Memoria SD interna y externa

Para ingresar a la terminal abrimos PuTTY, la ventana principal de PuTTY es la de configuración, la cual contiene un completo árbol de opciones. Las básicas están en el primer apartado, se introduce allí la dirección del servidor en este caso 192.168.7.2, el puerto 22 y el tipo de conexión SSH (es un protocolo que nos permite conectarnos a un equipo de forma remota mediante una red de área local). Luego, haz clic en Open para establecer la conexión. Posteriormente sale un mensaje de seguridad se da click en SI para continuar.

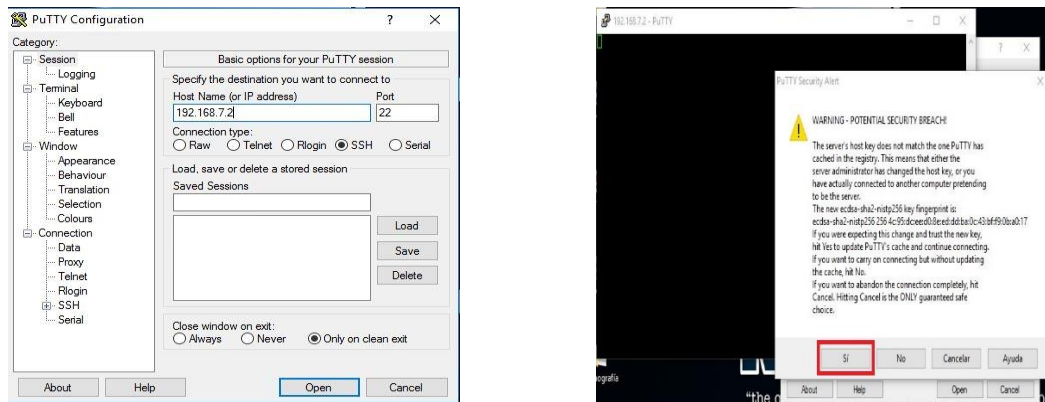


Figura. 61. Configuración Putty

Posteriormente abre la terminal y pide el usuario y contraseña

Usuario:debian

Password:tempPWD

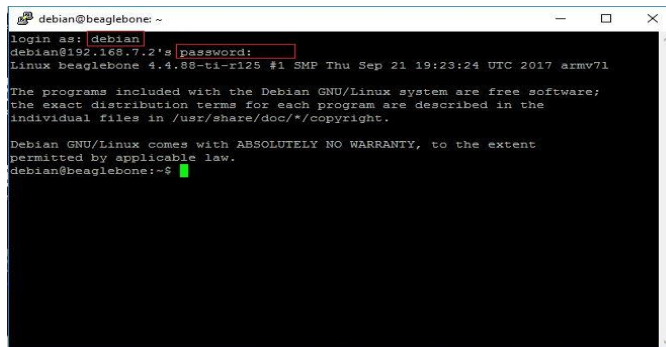


Figura. 62. Terminal de comandos

Se procedió a expandir la partición del sistema de archivos en la micro SD, ya que esta solo utilizaba el 3.2Gb de la tarjeta SD de 16gb con el fin de poder instalar una interfaz gráfica, la librería Open-CV y Python para programar.

Para ello ingresamos los siguientes comandos:

sudo su: Super-usuario te da permisos como administrador para ejecutar comandos que no tienen permiso.

```

debian@beaglebone: ~
login as: debian
debian@192.168.7.2's password:
Linux beaglebone 4.4.88-ti-r125 #1 SMP Thu Sep 21 19:23:24 UTC 2017 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
debian@beaglebone:~$ sudo su

We trust you have received the usual lecture from the local System
Administrator. It usually boils down to these three things:

#1) Respect the privacy of others.
#2) Think before you type.
#3) With great power comes great responsibility.

[sudo] password for debian:
root@beaglebone:/home/debian#

```

Figura. 63. Terminal Super-usuario

df -h, con el anterior comando observamos la capacidad utilizada 3.3Gb usando 1.6Gb equivale 51% de uso.

```

debian@beaglebone: ~
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
debian@beaglebone:~$ sudo su

We trust you have received the usual lecture from the local System
Administrator. It usually boils down to these three things:

#1) Respect the privacy of others.
#2) Think before you type.
#3) With great power comes great responsibility.

[sudo] password for debian:
root@beaglebone:/home/debian# df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
udev            217M   0  217M   0% /dev
tmpfs           438M  438M   0% /run
/dev/mmcblk0p1  3.3G  1.6G  1.5G  51% /
tmpfs           244M   0  244M   0% /dev/shm
tmpfs           5.0M  4.0K  5.0M   1% /run/lock
tmpfs           244M   0  244M   0% /sys/fs/cgroup
root@beaglebone:/home/debian#

```

Figura. 64. Terminal comando df-h

Y se ejecutan los siguientes comandos:

cd /opt/scripts/tools/

git pull || true

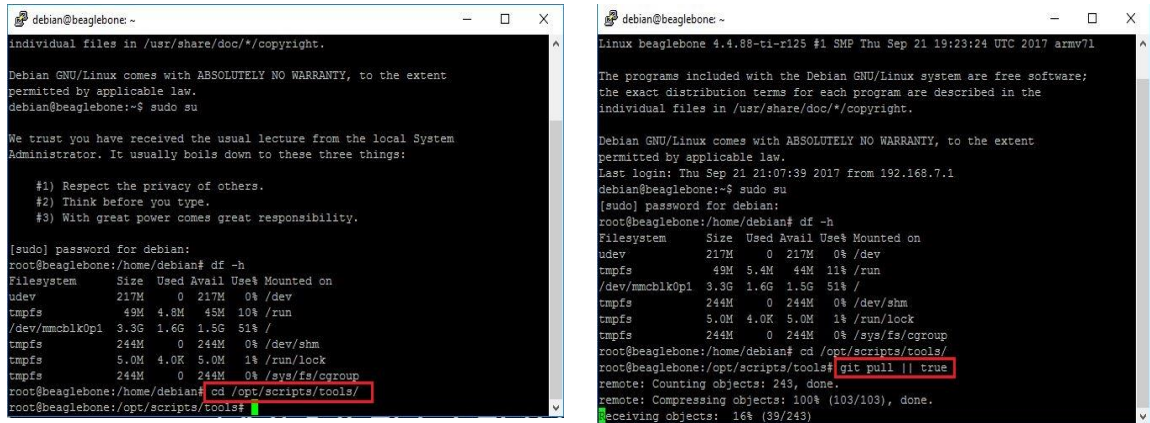


Figura. 65. Ejecución de comandos

sudo ./grow-partition.sh

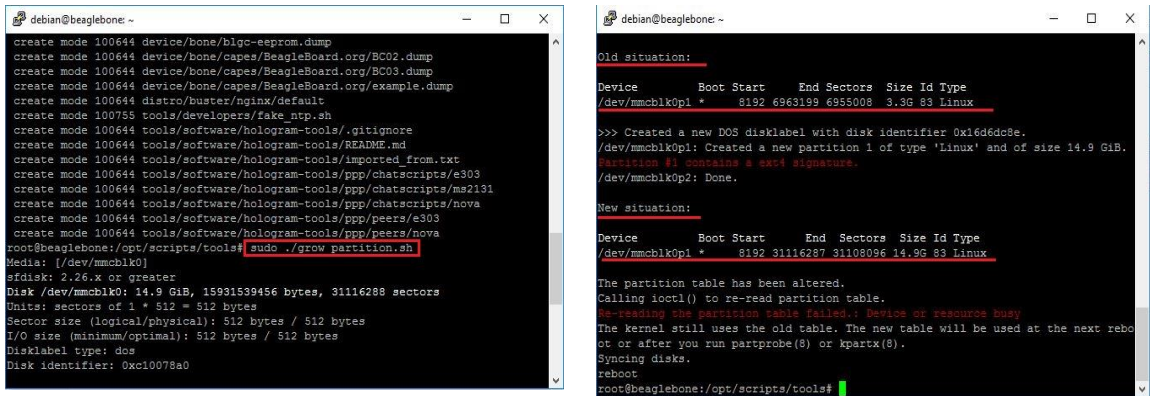


Figura. 66. Comando partition.sh

sudo reboot, se resetea y posteriormente aparece un mensaje que me indica que se ha perdido la conexión.

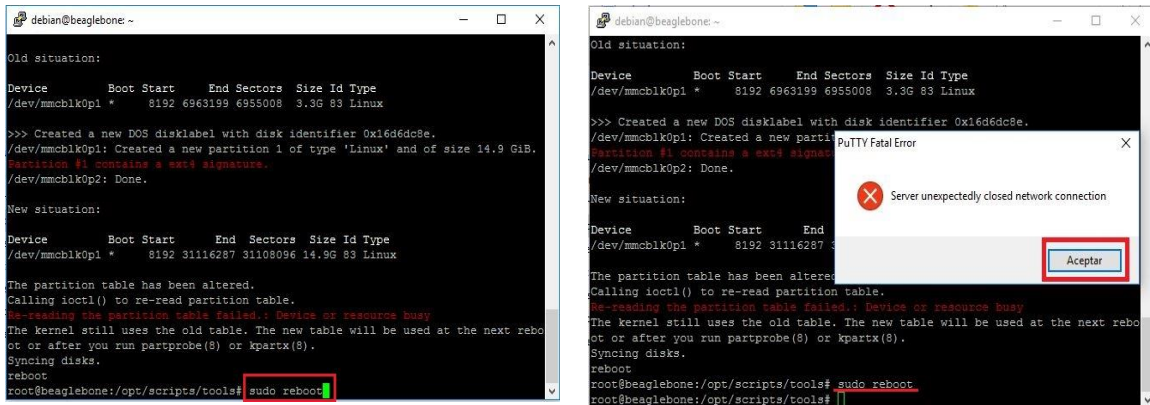


Figura. 67. Comando reboot

Ingresamos nuevamente digitamos el comando **df -h**, y observamos que la partición del disco ha resultado satisfactorio. La capacidad de la tarjeta ahora es de 15Gb, actualmente se sigue usando 1.6Gb, lo que equivale a un 12% de uso. Lo cual se puede confirmar retirando la tarjeta SD de la BeagleBone Black y conectándola al PC y desde administrados de disco observamos la capacidad de disco utilizado.

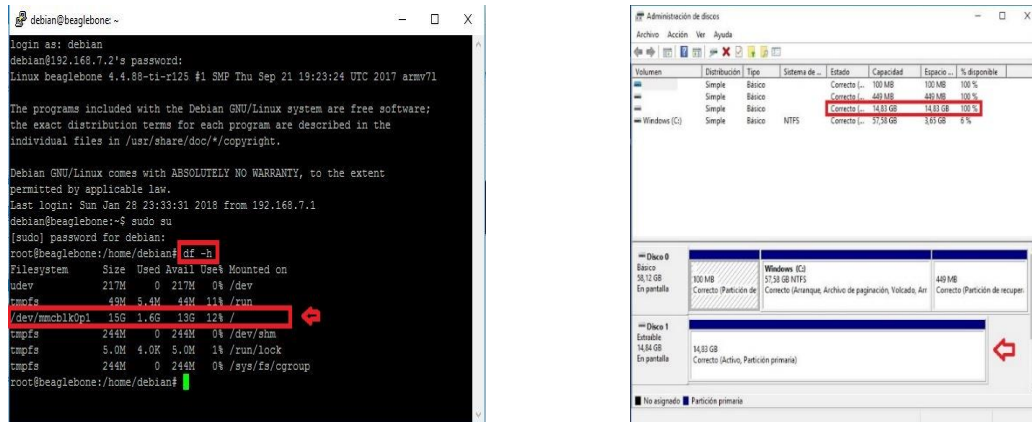


Figura. 68. Capacidad de disco

B.2.1 Instalación interfaz gráfica.

sudo apt-get update, actualiza la lista de paquetes disponibles y sus versiones, pero no instala o actualiza ningún paquete. Esta lista la coge de los servidores con repositorios que tenemos definidos en el sources.list.

```

debian@beaglebone:~$ df -h
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
udev            217M   0 217M   0% /dev
tmpfs           49M  5.4M  44M  11% /run
/dev/mmcblk0p1 15G  1.6G  13G  12% /
tmpfs           244M   0 244M   0% /dev/shm
tmpfs           5.0M  4.0K  5.0M   1% /run/lock
tmpfs           244M   0 244M   0% /sys/fs/cgroup

root@beaglebone:/home/debian# sudo apt-get update
E: Command line option 'g' [from -get] is not understood in combination with the
other options.
root@beaglebone:/home/debian# sudo apt-get update
Get:1 http://repos.rcn-ee.com/debian stretch InRelease [3,058 B]
Ign:2 http://deb.debian.org/debian stretch InRelease
Get:3 http://deb.debian.org/debian stretch-updates InRelease [91.0 kB]
Get:4 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates InRelease [63.0 kB]
Get:5 http://deb.debian.org/debian stretch Release [118 kB]
Get:6 http://repos.rcn-ee.com/debian stretch/main armhf Packages [576 kB]
Get:7 http://deb.debian.org/debian stretch Release.gpg [2,434 B]
Get:8 http://deb.debian.org/debian stretch-updates/main armhf Packages [6,508 B]
Get:9 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates/non-free armhf Packa
ges [1,208 B]
Get:10 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates/main armhf Packa
ges [337 kB]
Get:11 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates/contrib armhf Packa
ges [1,311 B]
Get:12 http://deb.debian.org/debian stretch/contrib armhf Packages [49.7 kB]
Get:13 http://deb.debian.org/debian stretch/main armhf Packages [9,306 kB]
59% [13 Packages 4,177 kB/9,306 kB 45%] 571 kB/s 9s

```

Figura. 69. Actualización de paquetes

sudo apt-get upgrade, una vez el comando anterior ha descargado la lista de software disponible y la versión en la que se encuentra, podemos actualizar dichos paquetes usando este comando: apt-get upgrade. Instalará las nuevas versiones respetando la configuración del software.

(<http://www.linuxhispano.net/2013/05/03/diferencia-entre-apt-get-update-y-apt-get-upgrade/>)

```

debian@beaglebone: ~
Get:1 http://repos.rcn-ee.com/debian stretch InRelease [3,058 B]
Ign:2 http://deb.debian.org/debian stretch InRelease
Get:3 http://deb.debian.org/debian stretch-updates InRelease [91.0 kB]
Get:4 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates InRelease [63.0 kB]
Get:5 http://deb.debian.org/debian stretch Release [118 kB]
Get:6 http://repos.rcn-ee.com/debian stretch/main armhf Packages [576 kB]
Get:7 http://deb.debian.org/debian stretch Release.gpg [2,434 B]
Get:8 http://deb.debian.org/debian stretch-updates/main armhf Packages [6,508 B]
Get:9 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates/non-free armhf Packages [1,208 B]
Get:10 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates/main armhf Packages [937 kB]
Get:11 http://deb.debian.org/debian-security stretch/updates/contrib armhf Packages [1,311 B]
Get:12 http://deb.debian.org/debian stretch/contrib armhf Packages [49.7 kB]
Get:13 http://deb.debian.org/debian stretch/main armhf Packages [9,306 kB]
Get:14 http://deb.debian.org/debian stretch/non-free armhf Packages [70.4 kB]
Fetched 10.6 MB in 26s (409 kB/s)
Reading package lists... Done
root@beaglebone:/home/debian# sudo apt-get upgrade
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
Calculating upgrade... 0%

```

```

debian@beaglebone: ~
curl dbus dnsmasq dnsmasq-base git git-core git-man gnupg gnupg-agent gpgv
haveged hostapd iproute2 ipumm-dra7xx-installer kmod libapt-inst2.0
libapt-pkg5.0 libbind9-140 libcupower1 libcurl3 libcurl3-gnutls libdb5.3
libdbus-1-3 libdbus-1-dev libdns-export162 libdns162 libgnutls30
libgssapi-krb5-2 libhavege1 libhogweed4 libicu57 libidn2-0 libisc-export160
libisc160 libisc160c140 libiscconf140 libk5crypto3 libkmod2 libkrb5-3
libkrb5support0 libldap-2.4-2 libldap-common liblwpres141 libncurses5
libncurses5-dev libncursesw5 libnettle6 libpython2.7 libpython2.7-dev
libpython2.7-minimal libpython2.7-stdlib libselinux1 libsqlite3-0
libssl1.0.2 libsasl1.1 libzinfo-dev libzinfo5 libxml2 linux-cpupower
linux-libc-dev lzm-nurses-base ncurses-bin nodejs openssh-client
openssh-server openssh-sftp-server openssl pro-usb-support-package
python2.7 python2.7-dev python2.7-minimal roboticecape rsysnc sensible-utils
tio ticomponff tzdata vim vim-common vim-runtime vim-tiny
vpdma-dra7xx-installer wget wpasupplicant xxd
103 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 1 not upgraded.
Need to get 159 MB of archives.
After this operation, 1,270 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] Y
Get:1 http://repos.rcn-ee.com/debian stretch/main armhf bone101 armhf 1.1.8-0rcn
e0-stretch+20180109 [55.0 MB]
Get:2 http://deb.debian.org/debian stretch/main armhf base-files armhf 9.9+deb9u
3 [67.3 kB]
0% [2 base-files 0 B/67.3 kB 0%] [1 bone101 14.2 kB/55.0 MB 0%]

```

Figura 70. Instalación de paquetes

Para instalar la interfaz gráfica se procede con el siguiente comando,

sudo apt-get -y install lxde lxde-core lxde-icon-theme

```

debian@beaglebone: ~
Setting up linux-cpupower (4.9.65-3+deb9u2) ...
Setting up haveged (1.9.1-5+deb9u1) ...
Setting up libisc162:armhf (1:9.10.3.dfsg.P4-12.3+deb9u4) ...
Setting up openssh-sftp-server (1:7.4p1-10+deb9u2) ...
Setting up libpython2.7:armhf (2.7.13-2+deb9u2) ...
Setting up dnsmasq-base (2.76-5+deb9u1) ...
Setting up libpython2.7-dev:armhf (2.7.13-2+deb9u2) ...
Setting up dbus (1.10.24-0+deb9u1) ...
A reboot is required to replace the running dbus-daemon.
Please reboot the system when convenient.
Setting up python2.7-dev (2.7.13-2+deb9u2) ...
Setting up libdns162:armhf (1:9.10.3.dfsg.P4-12.3+deb9u4) ...
Setting up curl (7.52.1-5+deb9u4) ...
Setting up libiscconf140:armhf (1:9.10.3.dfsg.P4-12.3+deb9u4) ...
Setting up dnsmasq (2.76-5+deb9u1) ...
Setting up openssh-server (1:7.4p1-10+deb9u2) ...
Setting up libbind9-140:armhf (1:9.10.3.dfsg.P4-12.3+deb9u4) ...
Setting up bind9-host (1:9.10.3.dfsg.P4-12.3+deb9u4) ...
Processing triggers for initramfs-tools (0.130) ...
update-initramfs: Generating /boot/initrd.img-4.4.38-ti-r125
Processing triggers for libc-bin (2.24-11+deb9u1) ...
root@beaglebone:/home/debian# sudo apt-get -y install lxde lxde-core lxde-icon-theme
Reading package lists... Done
Building dependency tree... 79%

```

Figura 71. Instalación interfaz gráfica

Se procede a instalar el servidor para el escritorio remoto.

sudo apt-get install lxde xrdp

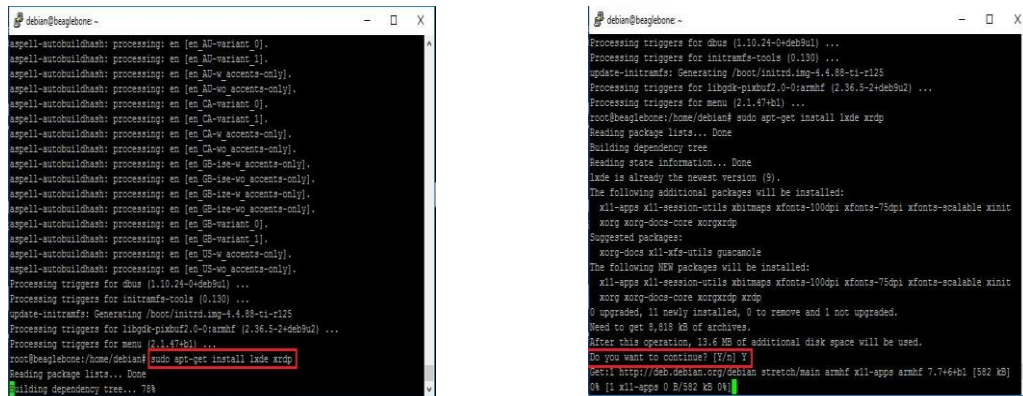


Figura. 72. Servidor escritorio remoto

Y se receta **sudo reboot**, Se presiona la tecla **Windows + R**

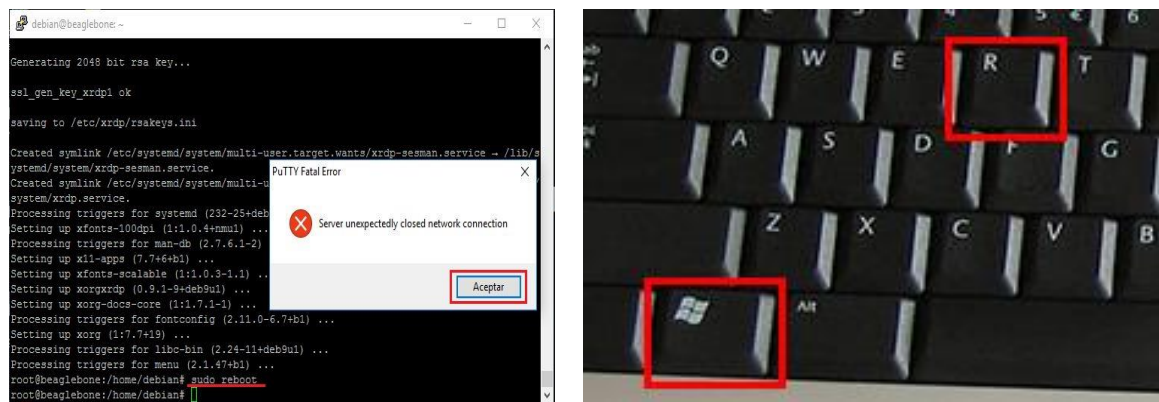


Figura. 73. Abrir escritorio remoto

Y escribimos **mstsc**, Crea conexiones a servidores Host de sesión de escritorio remoto, escribimos la dirección IP y presionamos conectar.

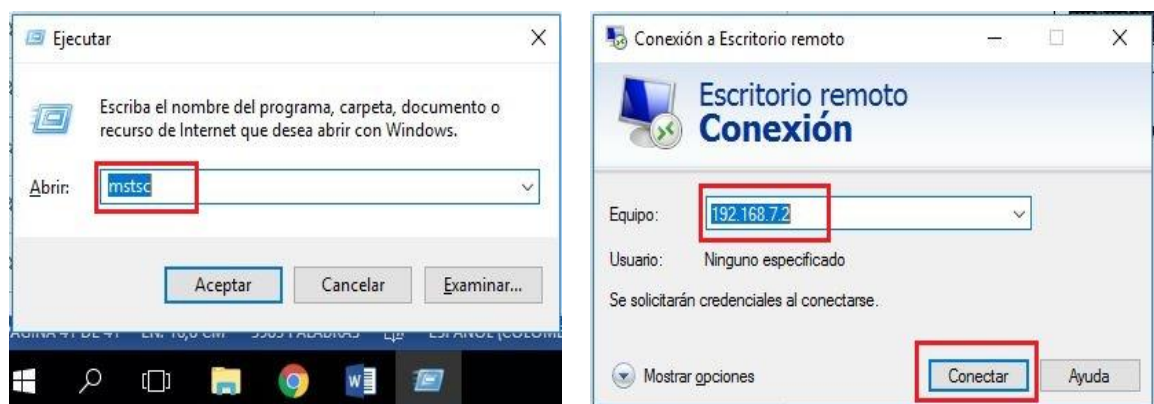


Figura. 74. Conexión escritorio remoto

Sale un mensaje de advertencia y le damos continuar.



Figura. 75. Mensaje de advertencia

Posteriormente carga la interfaz gráfica, ingresamos por **Xvnc** tecleamos **ok**, introducimos los datos como el **nombre de usuario** y **contraseña**, tecleamos **ok**, y con dichos datos abrimos sección.



Figura. 76. Interfaz gráfica

Si nos aparece un mensaje de problema de conexión con VNC como el que aparece a continuación.

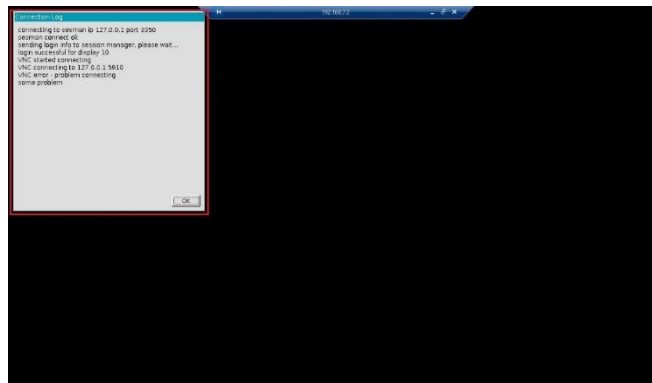


Figura. 77. Problema de conexión

Para corregir el problema cerramos sesión y salimos del escritorio remoto, abrimos nuevamente la terminal con Putty y digitamos el siguiente comando.

sudo apt-get install vnc4server

```

debian@beaglebone: ~
login as: Debian
debian@192.168.7.2's password:
Linux beaglebone 4.4.88-ti-r125 #1 SMP Thu Sep 21 19:23:24 UTC 2017 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Mon Jan 29 00:10:19 2018 from 192.168.7.1
debian@beaglebone:~$ sudo su
[sudo] password for debian:
root@beaglebone:/home/debian# sudo apt-get install vnc4server
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done

The following additional packages will be installed:
  tigervnc-common tigervnc-standalone-server
The following NEW packages will be installed:
  tigervnc-common tigervnc-standalone-server vnc4server
0 upgraded, 3 newly installed, 0 to remove and 1 not upgraded.
Need to get 311 kB of archives.
After this operation, 1,345 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
0% [Waiting for headers]
    
```

Figura. 78. Instalación vnc4server

Acedemos nuevamente al escritorio remoto, abrimos sección en **Xvnc**. Y esta vez sí podemos acceder al sistema operativo Debian y a las diferentes aplicaciones además podemos navegar en internet desde la BeagleBone Black.

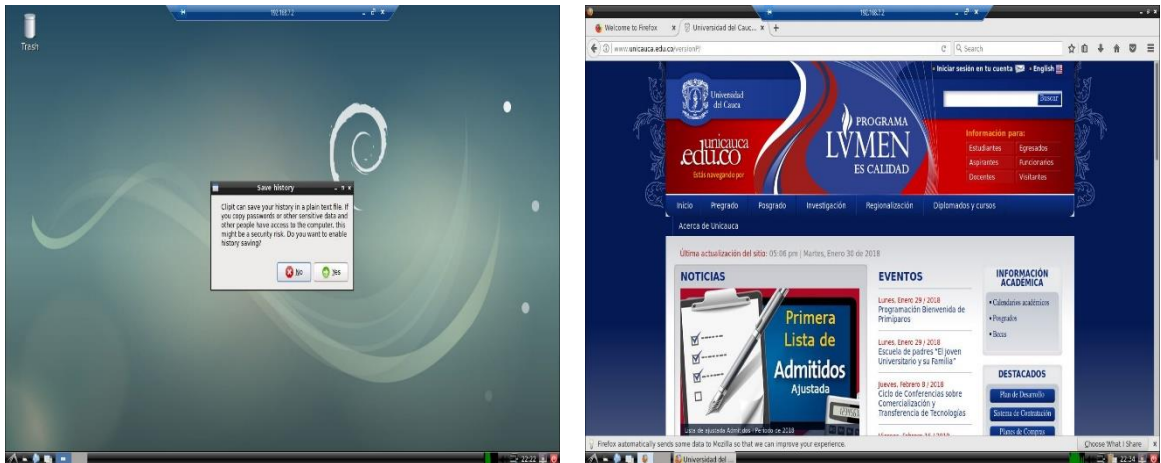


Figura. 79. Escritorio Debian

B.2.2 Instalación OpenCV y Python

Ingresamos a la terminal de la BeagleBone Black desde el sistema operativo Debian

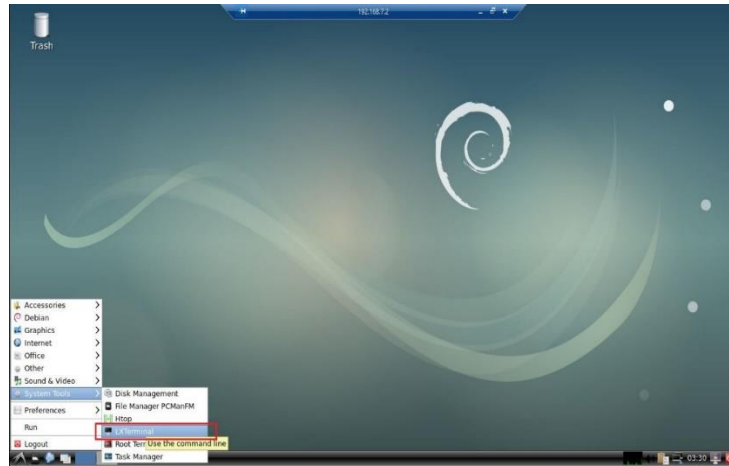


Figura. 80. Sistema operativo Debian

Ingresamos como super-usuario y actualizamos el software en nuestra BeagleBone Black.

```
sudo su
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
```

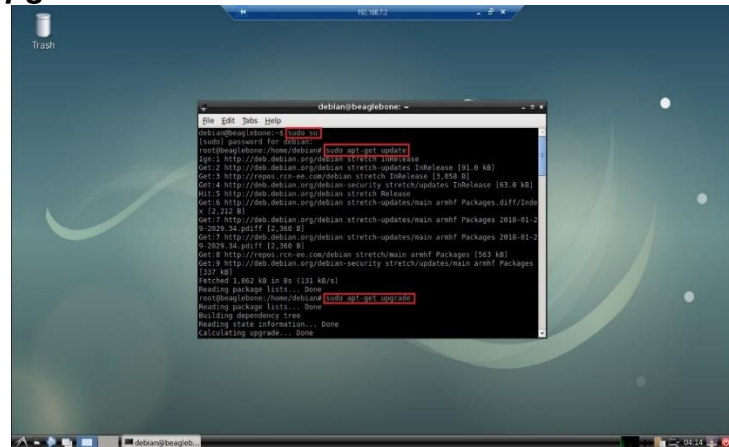


Figura. 81. Actualización de paquetes

Instalar Python algunos pre-requisitos de OpenCV y otras utilidades para el manejo de imágenes, videos y cámaras web

```
sudo apt-get install build-essential cmake cmake-qt-gui pkg-config swig git
sudo apt-get install libtiff5-dev libjpeg-dev libpng-dev libv4l-dev v4l-utils
sudo apt-get install fswebcam gpicview libav-tools qt5-default libvtk6-dev
sudo apt-get install python3 python3-all-dev python3-pip python3-numpy
```

sudo apt-get install python python-all-dev python-pip python-numpy python-opencv

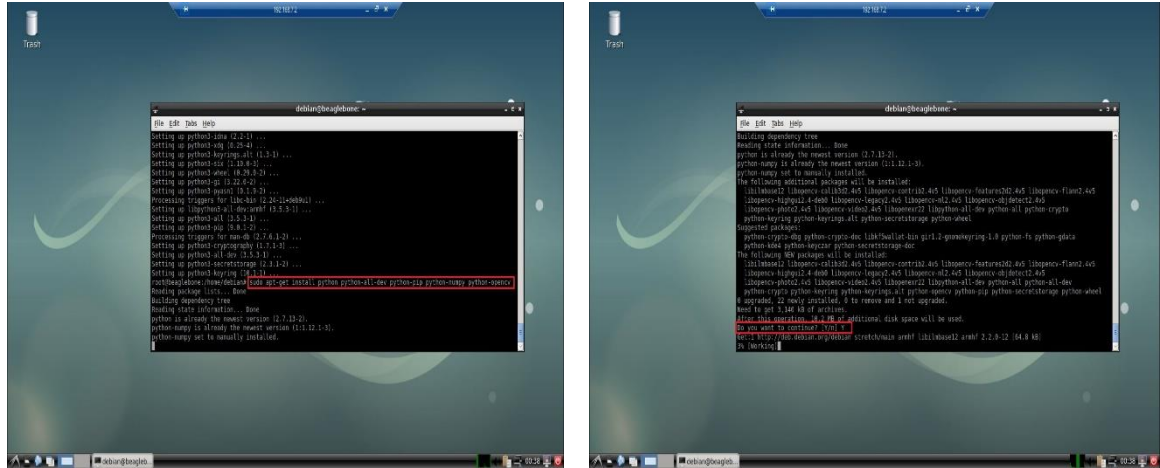


Figura. 82. Instalación de prerequisites

Se instala.

sudo apt-get install libgtk2.0-dev ***sudo apt-get install libgtk-3-dev***

El siguiente paso es descargar OpenCV desde su repositorio en GitHub, para ello creamos una carpeta denominada: updates, para contener todo el software de terceros que en un futuro descarguemos.

mkdir updates

cd updates/

git clone <https://github.com/opencv/opencv>

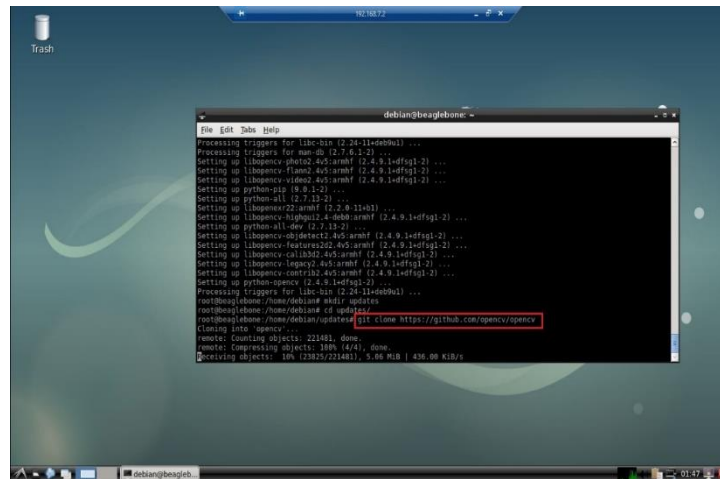


Figura. 83. Descarga desde github OpenCV

Una vez que se haya clonado todo el repositorio, el siguiente paso es preparar la compilación de OpenCV

cd opencv

mkdir build

cd build

cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local -D BUILD_EXAMPLES=ON -D BUILD_DOCS=ON -D WITH_CUDA=OFF -D WITH_CUFFT=OFF -D WITH_CUBLAS=OFF -D WITH_NVCUVID=OFF -D WITH_OPENCL=OFF -D WITH_OPENCLAMDFFT=OFF -D WITH_OPENCLAMDBLAS=OFF -D BUILD_opencv_apps=ON -D BUILD_PERF_TESTS=OFF -D BUILD_TESTS=ON -D WITH_QT=OFF -D WITH_GTK=ON ..

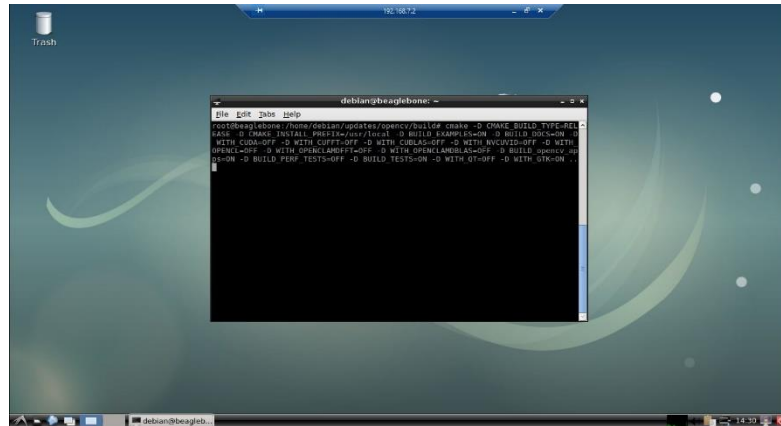


Figura. 84. Configuración cmake

Después de haber realizado el proceso de preparación desde la terminal o de forma gráfica procederemos a compilar OpenCV. Una advertencia, este proceso puede llevar hasta un par de horas!!!

Make

sudo make install

sudo ldconfig

Se instalan las arquitecturas y se actualiza.

sudo dpkg -add-architecture i386

sudo apt-get update

sudo dpkg -add-architecture amd64

sudo apt-get update

Se instala aptitude

sudo apt-get install aptitude

Observamos si están bien instalados los paquetes gtk.

sudo aptitude search libgtk2.0-dev

sudo aptitude search libgtk-3-dev

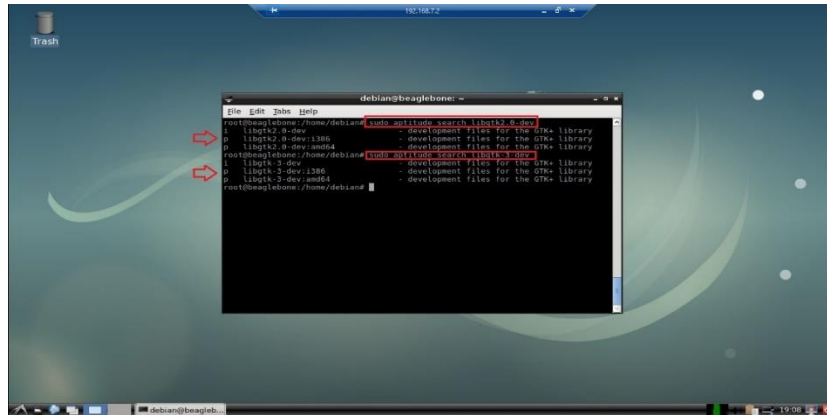


Figura. 85. Correctamente Aptitude

Se instala **Matplotlib** la cual es una biblioteca de trazado 2D de Python para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays.

sudo apt-get install python-matplotlib

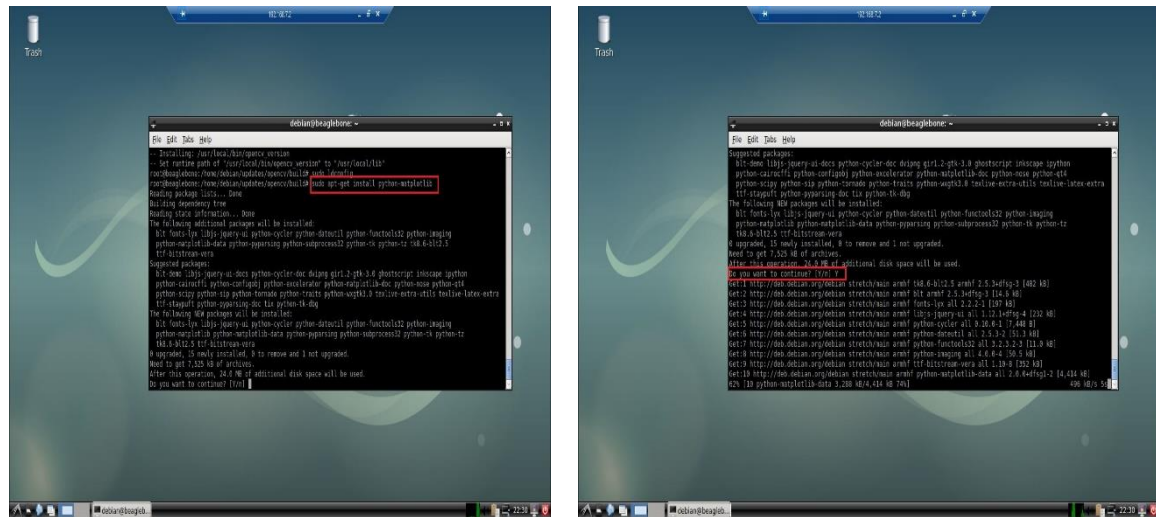


Figura. 86. Instalación Matlab

Se procede a desactiva el control de acceso (todos los hosts remotos tendrán acceso al servidor X), por medio del comando **xhost +** el cual permite ejecutar aplicaciones graficas que se mostraran en tu terminal local, para ello cada vez que ingresamos al servidor y abramos la terminal inicialmente se debe ejecutar el comando.

Para observar la versión de Python y OpenCV instalada se procede a ejecutar los siguientes comandos.

Ingresamos como super-usuario **sudo su** y digitando el comando **python --version** miramos la versión instalada de Python

Para mirar la versión instalada de OpenCV creamos un script en consola con los siguientes comandos y lo ejecutamos desde la terminal.

```
python
import cv2
cv2.__version__
```

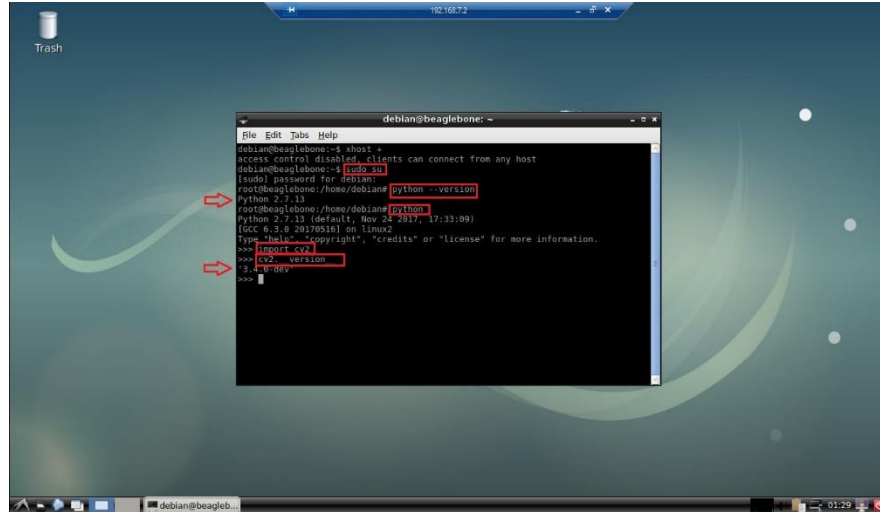


Figura. 87 Versión instalada

Lo cual arroja que tenemos instalada la versión 2.7.13 de Python y la versión 3.4.0-dev de OpenCV.

B.2.3 Dispositivos periféricos para el correcto funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de los dispositivos periféricos se procedió a observar el tipo de señal de entrada, y de salida que la tarjeta debía procesar.

Señal de entrada la tarjeta recibirá tres señales de 24 Vdc provenientes de las salidas del PLC las cuales indican el tipo de algoritmo seleccionado para realizar el procesamiento de las imágenes capturadas y cuatro señales de salida de 3.3 Vdc enviadas hacia el PLC las cuales indicaran las posiciones que debe tomar según la clasificación seleccionada.

Como la tarjeta BeagleBone Black no puede recibir entradas superiores a 3.3 Vdc. Las señales provenientes del PLC serán enviadas hacia un relé el cual conmutara las señales de 24 Vdc a 3.3Vdc.

Igualmente las señales provenientes de la tarjeta serán enviadas hacia un relé las cuales conmutaran las señales de 5 Vdc a 24 Vdc.

65 possible digital I/Os

P9				P8			
1	2	3	4	1	2	3	4
DGND	1	DGND		DGND	1	DGND	
VDD 3V3	3	VDD 3V3		GPIO_38	3	GPIO_39	
VDD 5V	5	VDD 5V		GPIO_34	5	GPIO_35	
SYS 5V	7	SYS 5V		GPIO_66	7	GPIO_67	
PWR_BTN	9	SYS_RESETN		GPIO_69	9	GPIO_68	
GPIO_30	11	GPIO_60		GPIO_45	11	GPIO_44	
GPIO_31	13	GPIO_50		GPIO_23	13	GPIO_26	
GPIO_48	15	GPIO_51		GPIO_47	15	GPIO_46	
GPIO_5	17	GPIO_4		GPIO_27	17	GPIO_65	
	19			GPIO_22	19	GPIO_63	
GPIO_3	21	GPIO_2		GPIO_62	21	GPIO_37	
GPIO_49	23	GPIO_15		GPIO_36	23	GPIO_33	
GPIO_117	25	GPIO_14		GPIO_32	25	GPIO_61	
GPIO_115	27	GPIO_113		GPIO_86	27	GPIO_88	
GPIO_111	29	GPIO_112		GPIO_87	29	GPIO_89	
GPIO_110	31	VDD_ADC		GPIO_10	31	GPIO_11	
AIN4	33	ENDA_ADC		GPIO_9	33	GPIO_81	
AIN6	35	AIN5		GPIO_8	35	GPIO_80	
AIN2	37	AIN3		GPIO_78	37	GPIO_79	
AIN0	39	AIN1		GPIO_76	39	GPIO_77	
GPIO_20	41	GPIO_7		GPIO_74	41	GPIO_75	
DGND	43	DGND		GPIO_72	43	GPIO_73	
DGND	45	DGND		GPIO_70	45	GPIO_71	

In GPIO mode, each digital I/O can produce interrupts.

Figura. 88. Salidas disponibles GPIO

Se utilizó el módulo relés de Arduino de 4 canales a 5 Vdc. Se conectó de la siguiente manera.

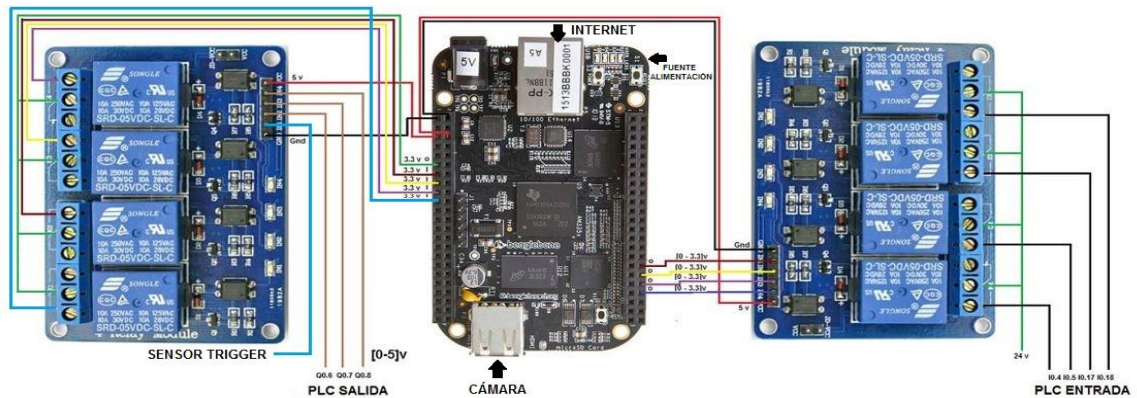


Figura. 89. Conexión física ente tarjetas

ANEXO C. Programación de equipos

C.1 Programación PLC y HMI

Para poner en marcha la planta de clasificación se programó el PLC y la HMI con el software TwidoSuite y Vijeo Designer Basic 1.1 respectivamente, inicialmente con el software TwidoSuite se procede a diseñar el Ladder.

Para crear el Ladder se ejecuta el software de programación, y se da click en modo de programación, se crea un nuevo proyecto y posteriormente se procede a rellenar las cajas de texto principalmente se debe nombrar el proyecto (En cada proyecto creado, el mismo software crea una carpeta con el mismo nombre asignado), importante la ubicación donde se va a guardar el proyecto ya que más adelante se necesita acceder a esta ubicación desde la HMI con el fin de asignarle las variables, finalmente se da click en el botón crear proyecto, los otros campos son opcionales.

Se da click sobre la pestaña “describir”, En esta nueva ventana se declaran los elementos del sistema de automatización Twido, seleccionando recursos de hardware y describiendo cómo se interconecta el equipo mediante redes.

En la parte superior derecha aparece un catálogo de los diferentes productos que se pueden programar o agregar a la red, y en la parte inferior derecha una breve descripción del producto seleccionado.

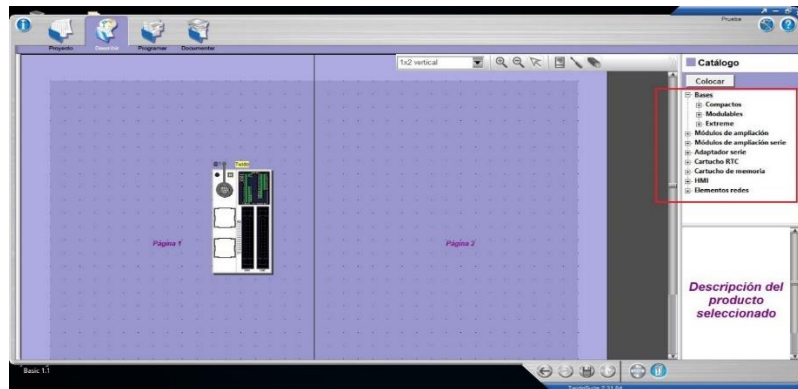


Figura. 90. Selección de módulos

Se elimina el modulo actual ya que no corresponde con la que se va a trabajar, en nuestro caso se escoge la base compacta TWDLCAA40DRF ya que es el PLC que tenemos a disposición, se selecciona y se arrastra hacia el área de trabajo gráfico.

Se procede a realizar una conexión de red modbus entre el autómatas y la HMI, por lo tanto en el menú catalogo expandimos la pestaña “elementos de red” y seleccionamos “elementos de modbus” donde se escoge Magelis.

Se escoge este tipo debido a que la HMI utilizada es una HMIGXU3512 perteneciente a la gama de productos Magelis Easy GXU. Se procede a configurar el puerto dando doble click sobre el puerto del autómatas seleccionando el protocolo modbus y asignándole una dirección

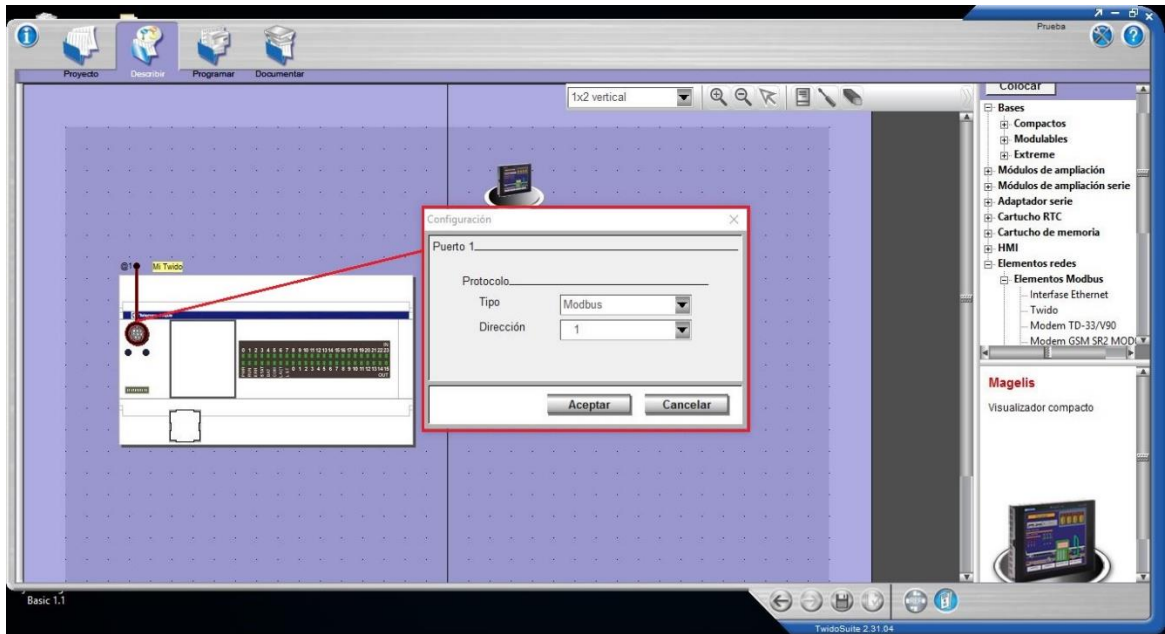


Figura. 91. Configuración de equipos

Se procede a dar doble click sobre la imagen de la HMI y se configura asignándole un nombre, el tipo de protocolo y una dirección, se procede a configurar la red, conectando por medio de una línea el autómatas y la HMI.

Y se configura la red seleccionando la velocidad de baudios, tiempo de respuesta, bit de datos, tiempo de espera entre tramas y la paridad.

Ahora accedemos a la pestaña programar. En esta pestaña si se desea se pueden ir asignando los nombres a las variables de entrada y salida que se utilizaran, además en pueden configurar los datos, tales como objetos simples, bloques funcionales, objetos de E/S y objetos avanzados.

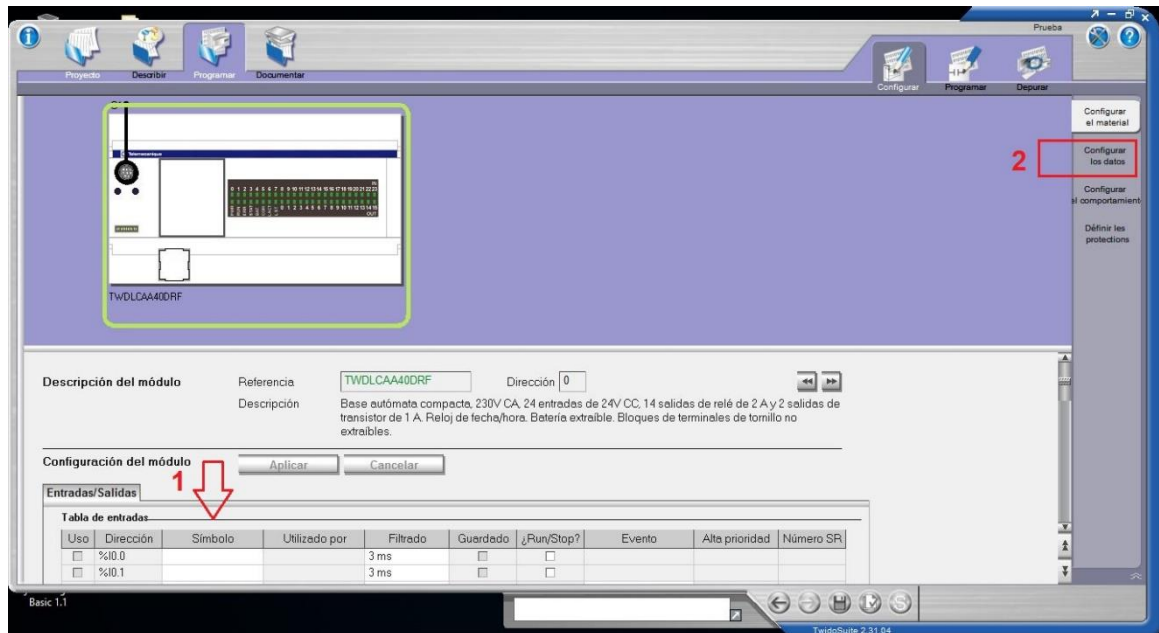


Figura. 92. Configuración de datos

En los objetos simples se configuran las variables de memoria a utilizar, en los bloques funcionales los temporizadores, contadores y registros, en los objetos de E/S se configura el PWM, contadores rápidos y muy rápidos, y en objetos avanzados bloques de relojes, PID y macros.

Una vez configuramos los datos (opcional) se Ingresa a programar el automático.

En un comienzo se reconoce el espacio de trabajo.

- En 1 se agregan secciones.
- En 2 se agrega una red.
- En 3 se agregan subrutinas.
- En 4 se agregan los diferentes bloques de funciones estándar.
- En 5 se observa la estructura del programa.
- En 6 se guarda el programa, se analiza el programa y se simula el programa.
- En 7 se observa las variables utilizadas y no utilizadas en el programa (Ladder)

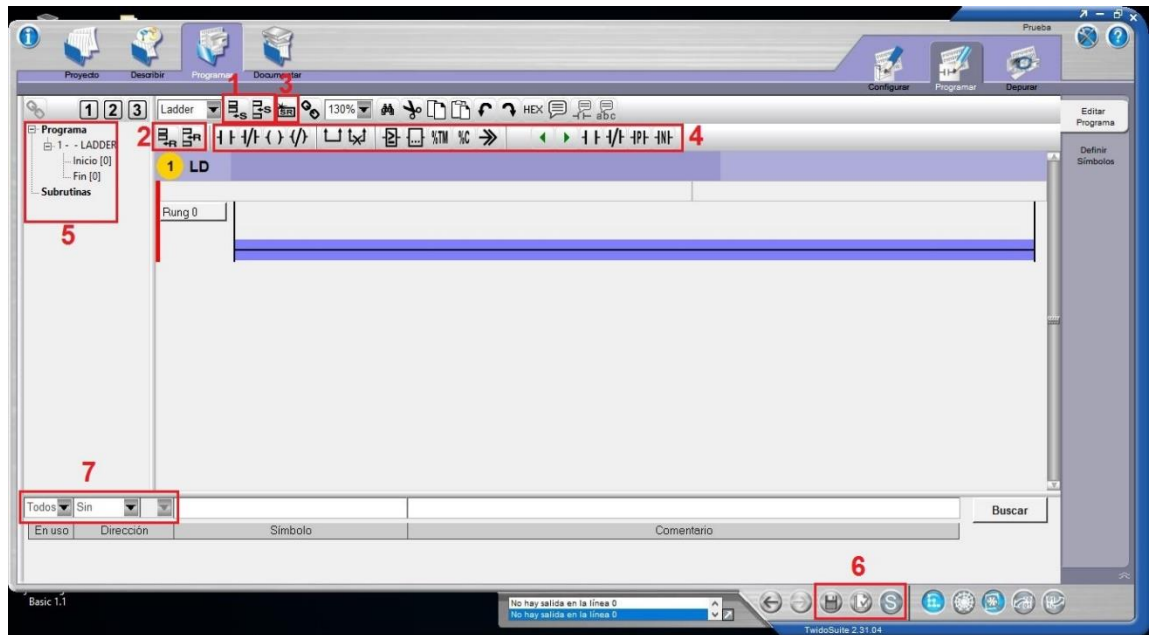


Figura. 93. Área de trabajo

Se abre la interfaz gráfica accediendo al software de programación Vijeo Designer Basic 1.1. Creamos un nuevo proyecto. Le asignamos un nombre al proyecto y damos click en “siguiente”

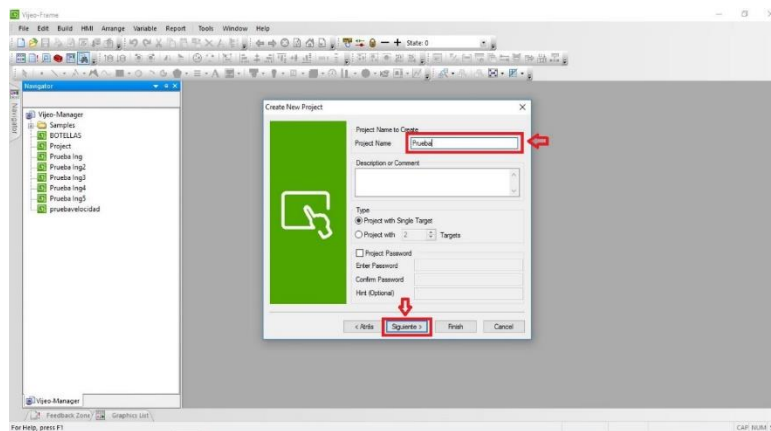


Figura. 94. Asignación de nombre al proyecto

Se escoge el modelo HMIGXU3512x(800x400), este es el modelo de la HMI que se encuentra en uso actualmente. En la próxima ventana se da click en siguiente y finalizar.

Una vez finalizada la configuración, muestra el panel de programación gráfica. Damos click sobre la pestaña “navigator” donde aparece el menú y nos dirigimos

“I/O Manager” con el fin de asignar un new driver. Escogemos el driver “Modbus(RTU)”.

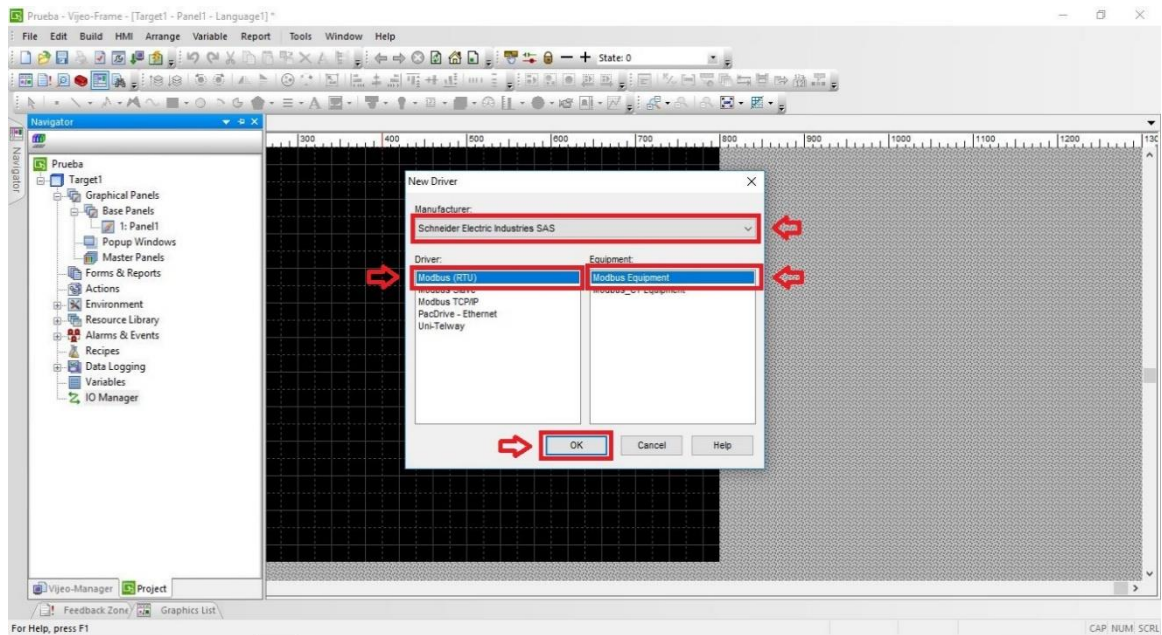


Figura. 95. Escogencia de driver

Posteriormente se configura el puerto de comunicación, la velocidad de transmisión con el fin de que exista una buena comunicación con el autómat. Importante activar la casilla IEC61131, con el fin de que todas las direcciones asociadas se conviertan a ese formato.

Ahora se asignas las variables. Y asignamos los link de variables. Nos dirigimos a la carpeta donde guardamos el Ladder, en este caso “Prueba”, Buscamos el Twido suite file .XTWD.*XPR y le damos abrir. Y seleccionamos la extensión “.xtwd” en este twido1.xtwd

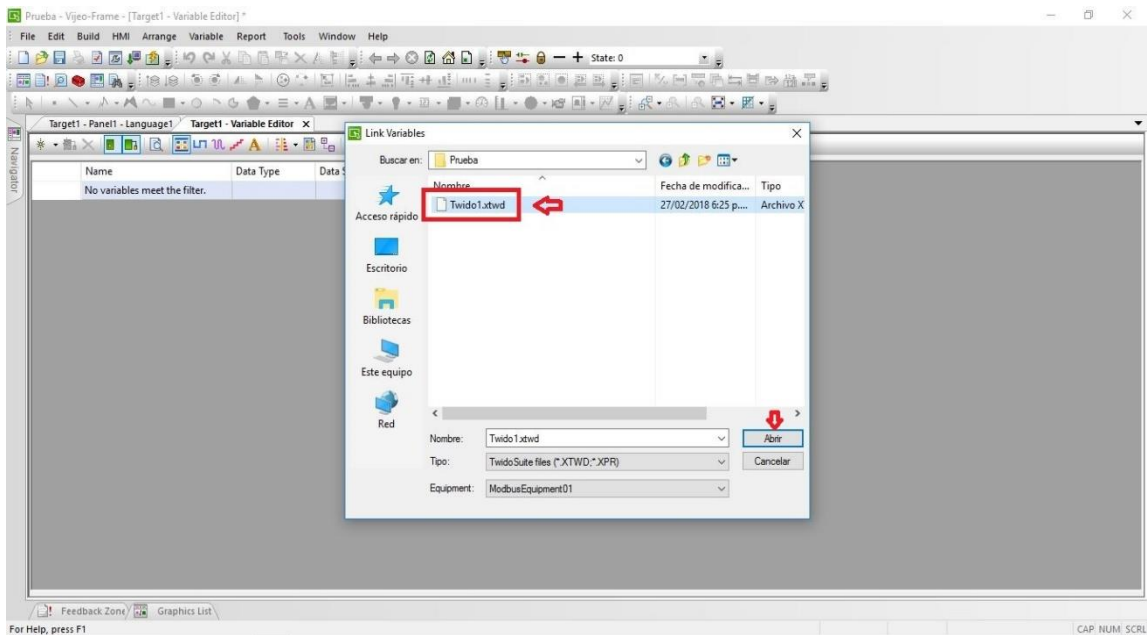
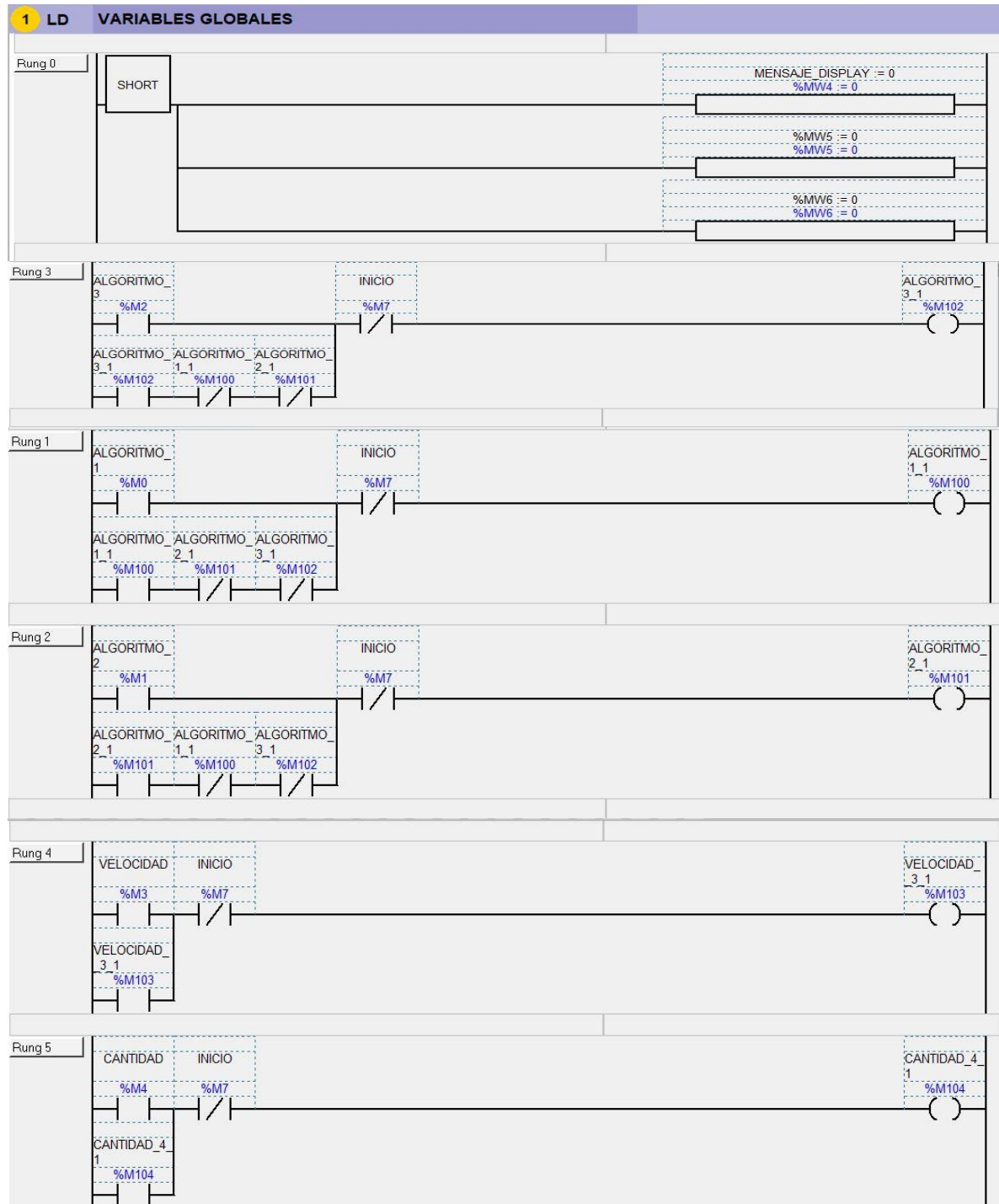
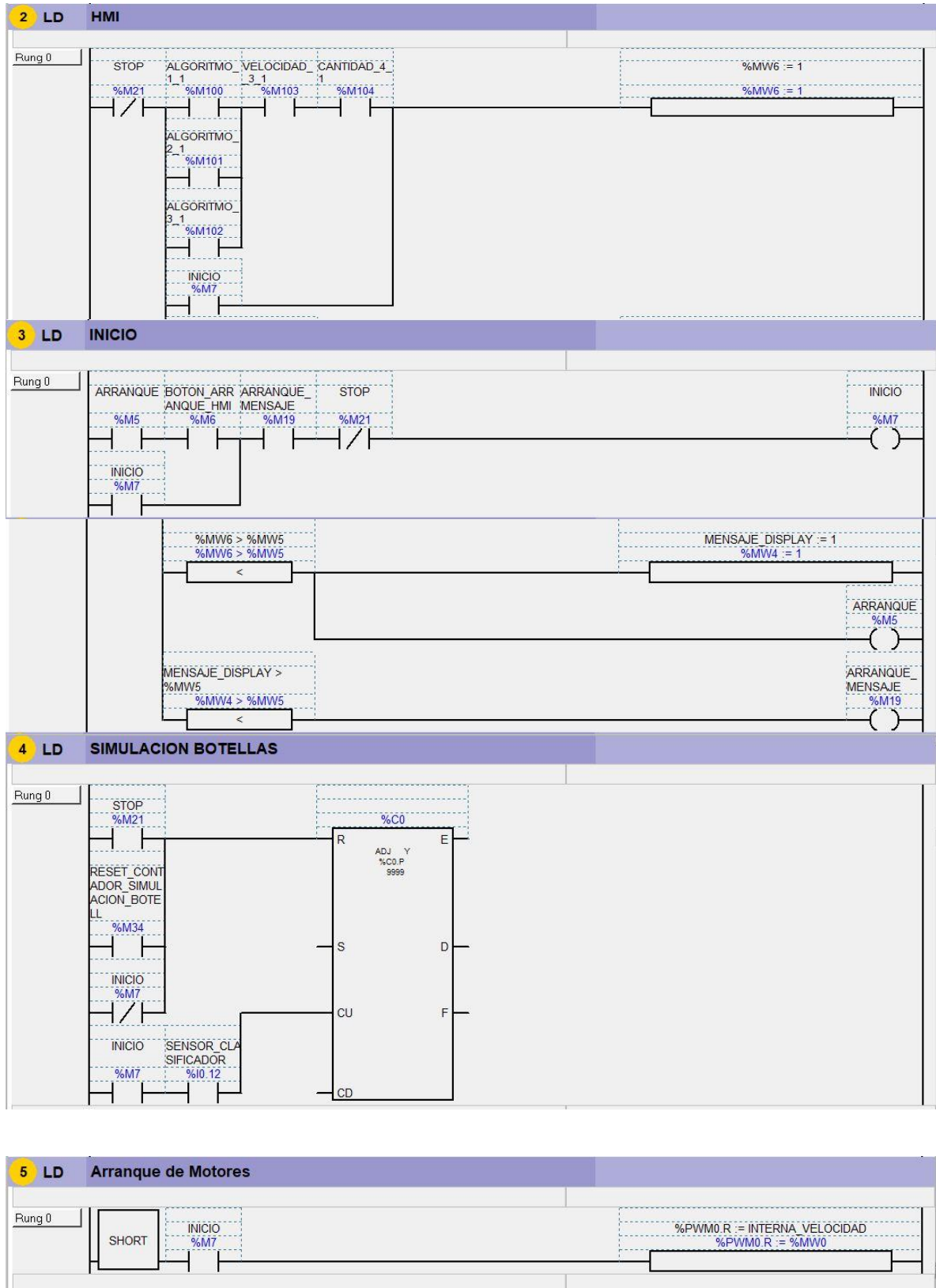


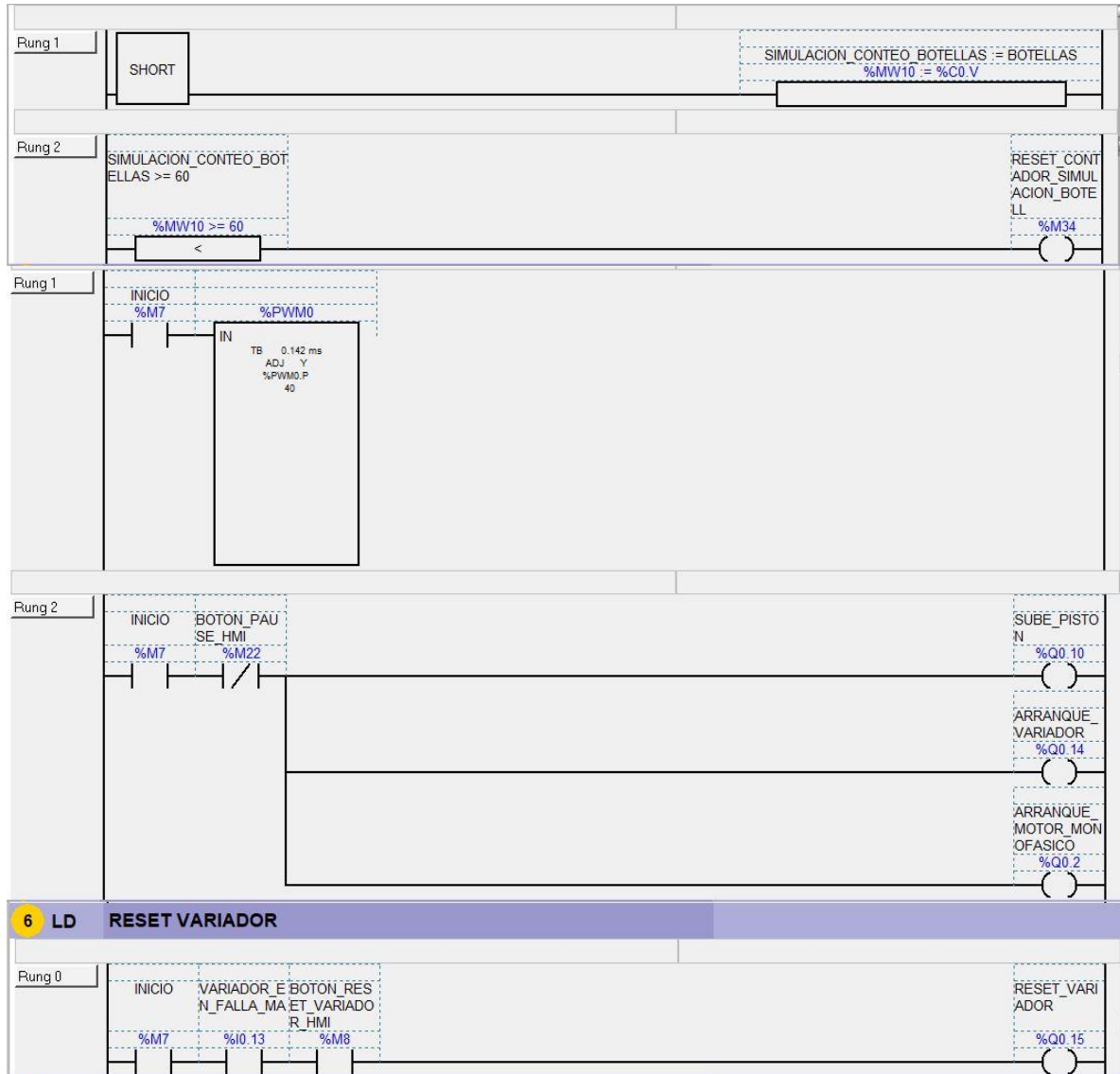
Figura. 96. Link de variables

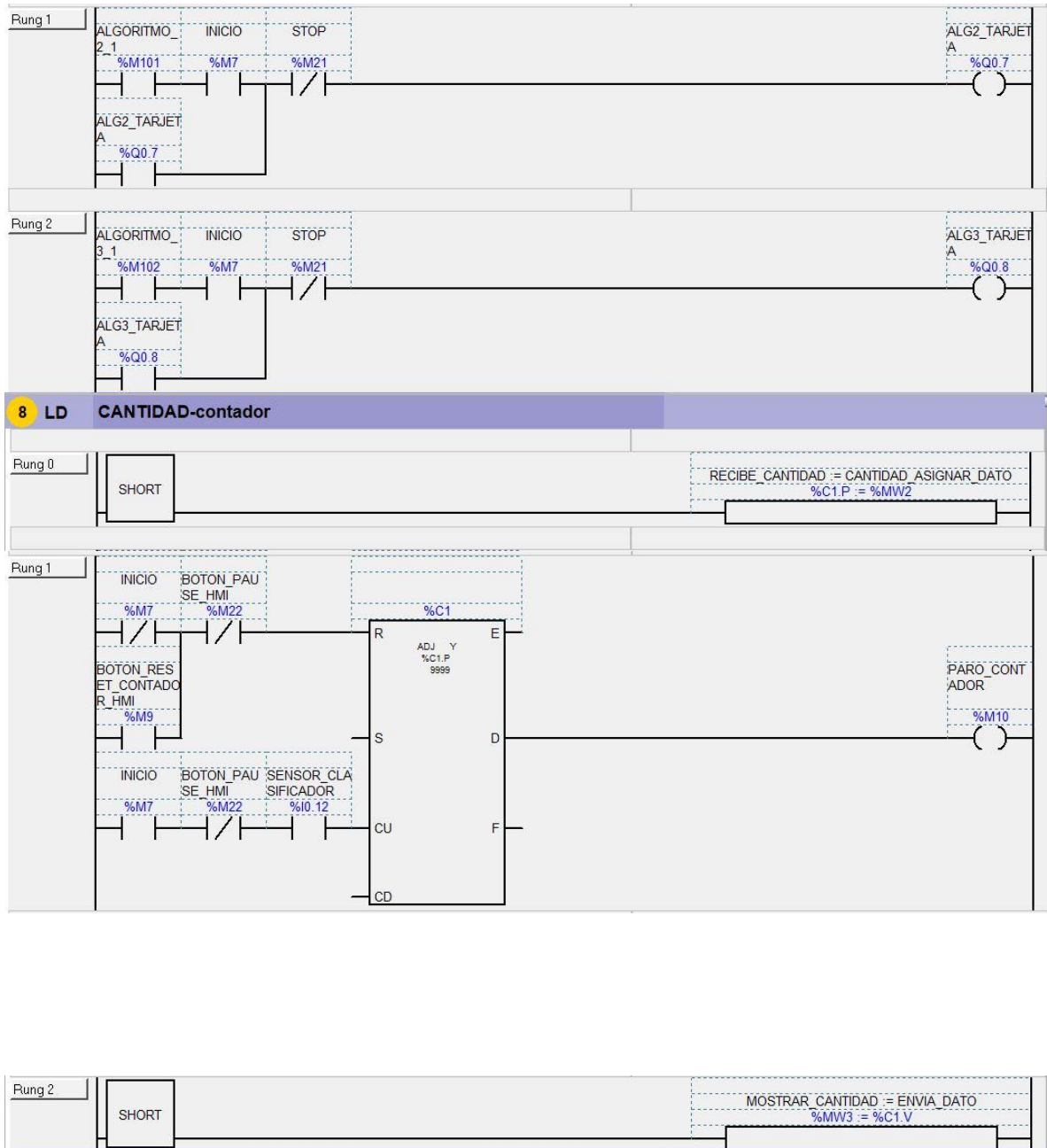
Y aquí podemos observar todas las variables asignadas en el Ladder. Se agregan las variables que vamos a exportar hacia el HMI. En este caso se escogen todas. Y cerramos la ventana y aparecen en una lista las variables seleccionadas. Regresamos al panel y creamos los bloques que vamos a utilizar, buscamos las variables haciendo click sobre “destination”.

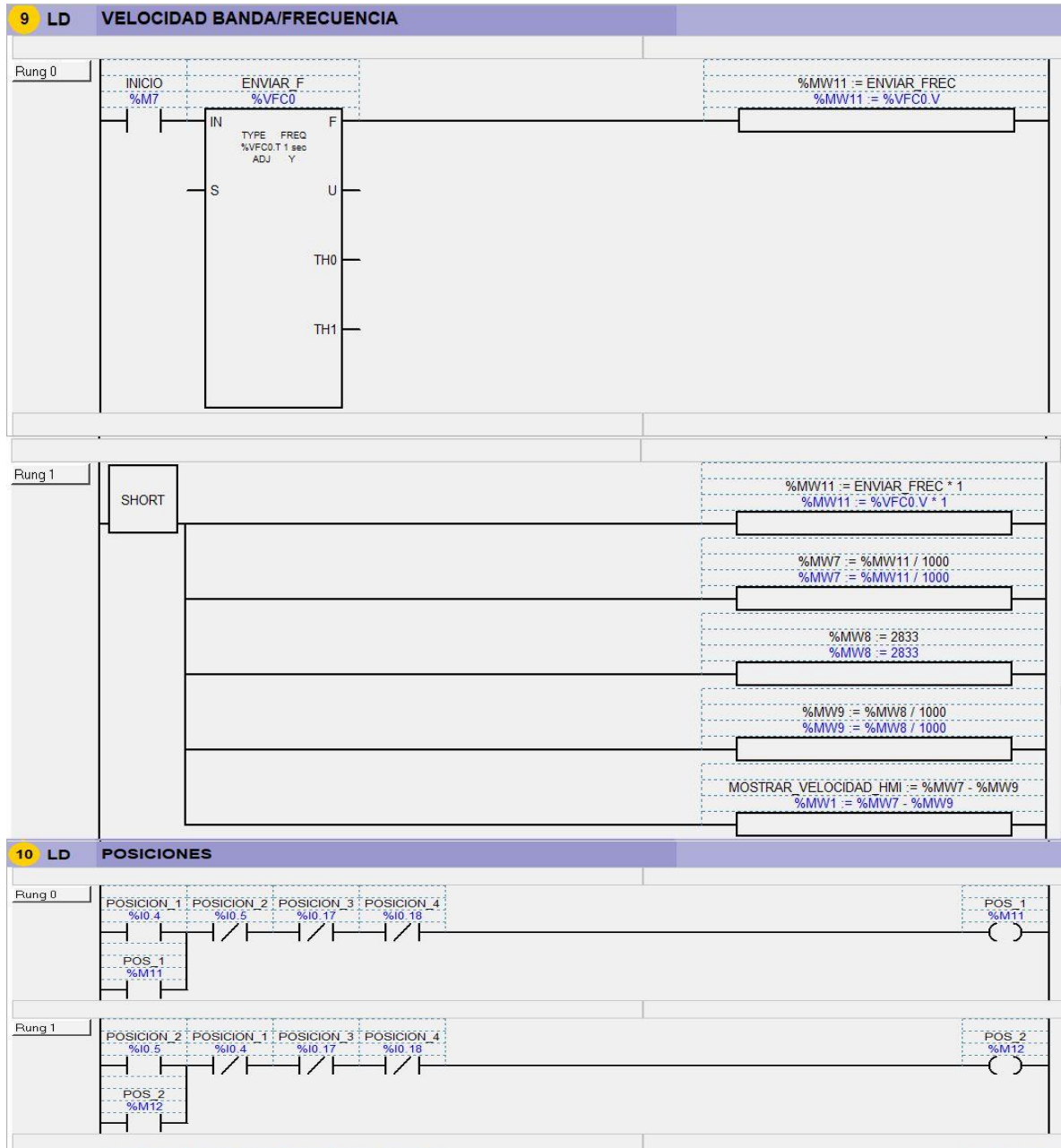
C.2 LADDER

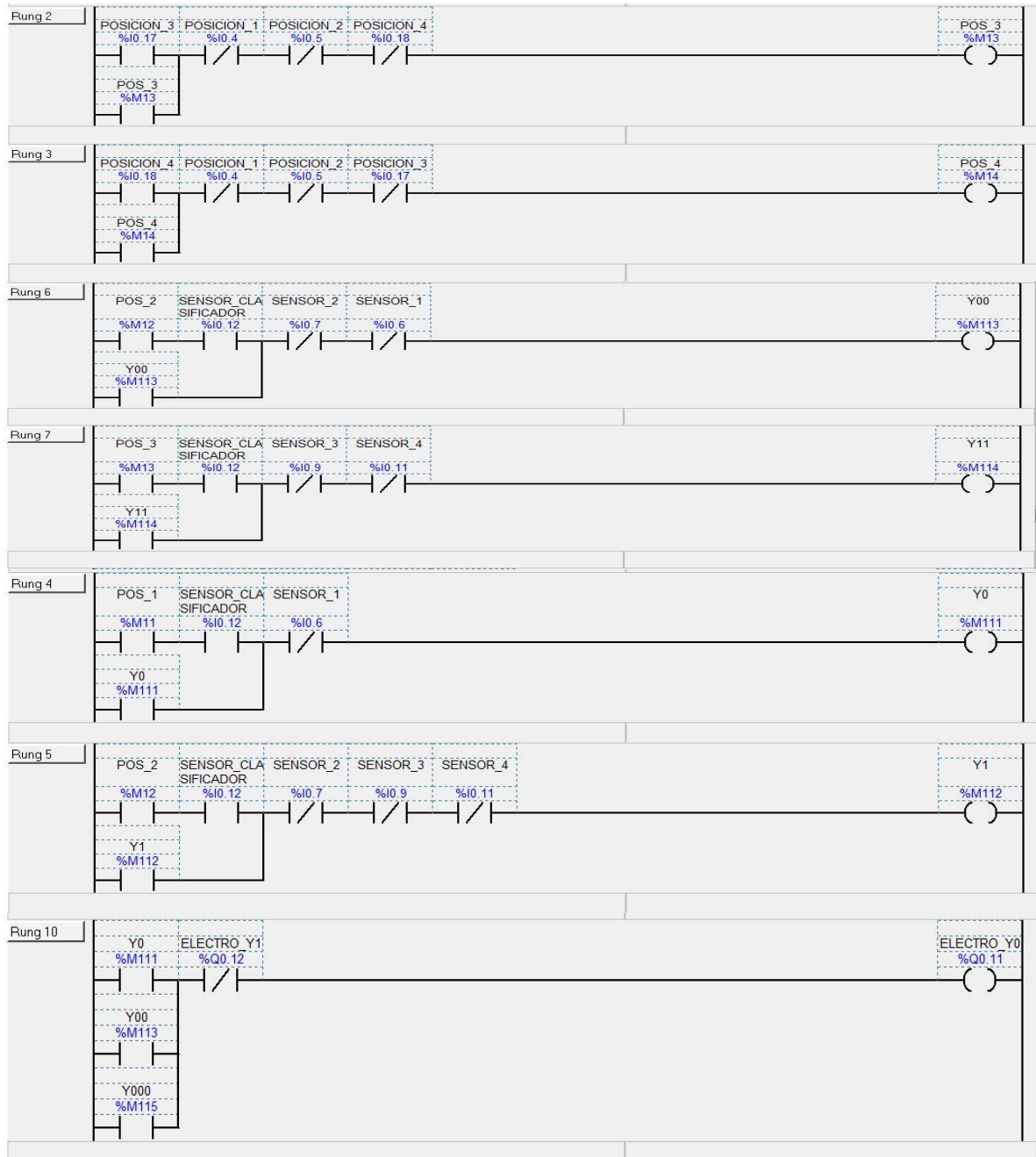


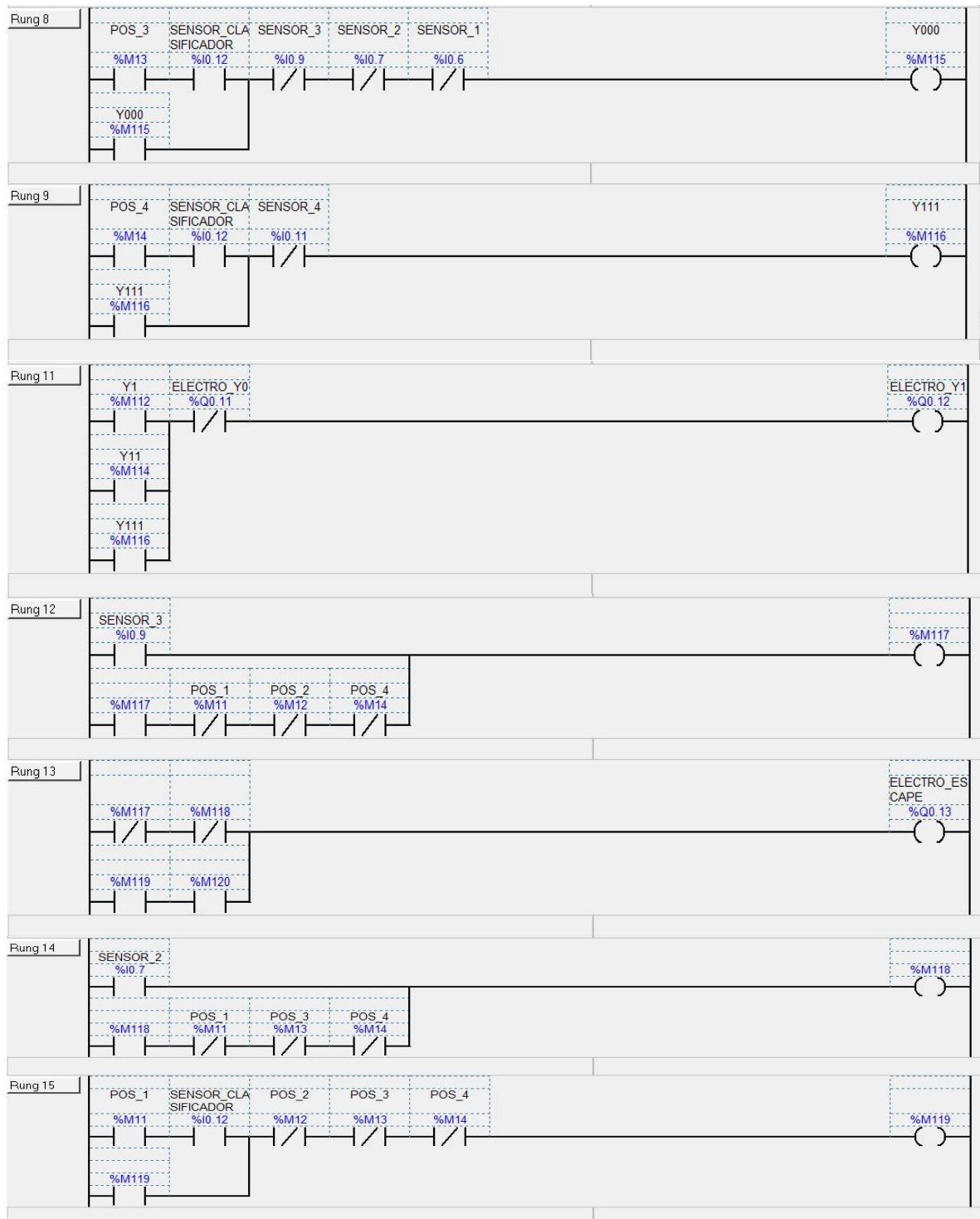


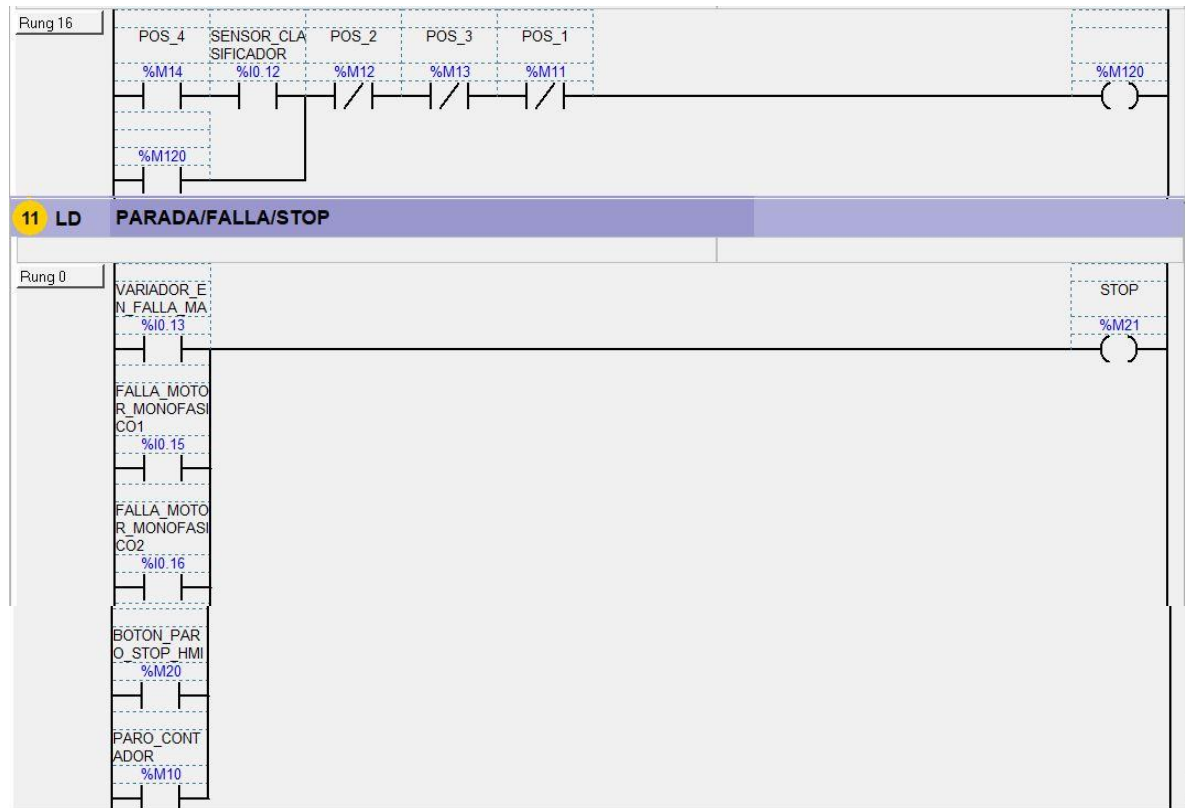












C.3 Algoritmo de calibración

```

import cv2
import numpy as np
import time

image=cv2.imread('C:\\Users\\Acid Burn\\Pictures\\Camera
Roll\\Esquemas\\coaxial100\\2.jpg')
image = image[450:1070,250:1700]

def nothing(x):
    pass
cv2.imshow('imagen',image)
hb,sb,vb=100,100,100
cv2.createTrackbar('hb','imagen',0,180,nothing)
cv2.createTrackbar('sb','imagen',0,255,nothing)
cv2.createTrackbar('vb','imagen',0,255,nothing)
while(1):

    hsv=cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2HSV)
    hb=cv2.getTrackbarPos('hb','imagen')
    sb=cv2.getTrackbarPos('sb','imagen')

```

```
vb=cv2.getTrackbarPos('vb','imagen')

bajo=np.array([hb,sb,vb])
alto=np.array([180,255,255])
mascara=cv2.inRange(hsv,bajo,alto)
cv2.imshow('mascara',mascara)
if cv2.waitKey(10)==27:
    break
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```

C.4 Algoritmo por forma y color

```
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
import numpy as np
import cv2

ent91=5
ent92=6
ent94=26

sal81=14
sal82=15
sal83=18
sal84=23
sal95=27
sal96=22

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)

GPIO.setup(ent91,GPIO.IN)
GPIO.setup(ent92,GPIO.IN)
GPIO.setup(ent94,GPIO.IN)

GPIO.setup(sal81,GPIO.OUT)
GPIO.setup(sal82,GPIO.OUT)
GPIO.setup(sal83,GPIO.OUT)
GPIO.setup(sal84,GPIO.OUT)
GPIO.setup(sal95,GPIO.OUT)
GPIO.setup(sal96,GPIO.OUT)

GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
```

```
GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
GPIO.output(sal95,GPIO.HIGH)
GPIO.output(sal96,GPIO.HIGH)

algoritmo=0
v=0
sensor=0
indefinido=0

def captura():
    camera=cv2.VideoCapture(0)
    camera.set(3,1920)
    camera.set(4,1080)
    fotogramas=1
    def get_image():
        retval,im=camera.read()
        return im
    for i in xrange(fotogramas):
        temp=get_image()
        camera_capture=get_image()
        cv2.imwrite("imagen.jpg",camera_capture)

while(1):
    while(1):
        if GPIO.input(ent91):
            algoritmo=1
            v=1
        if GPIO.input(ent92):
            algoritmo=2
            v=1
        if GPIO.input(ent94) and v==1:
            captura()
            sensor=1
            indefinido=1
            break

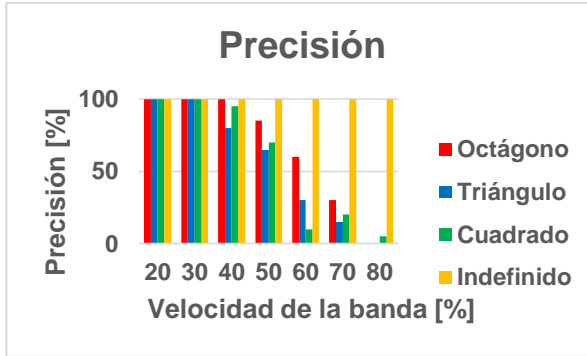
while(1):
    if sensor == 1:
        imagen=cv2.imread('imagen.jpg')
        imagen=imagen[450:1070,250:1700]
        hsv=cv2.cvtColor(imagen, cv2.COLOR_BGR2HSV)
        rojo_bajos1=np.array([0,65,75])
        rojo_altos1=np.array([12,255,255])
        verde_bajos=np.array([49,48,75])
        verde_altos=np.array([100,255,255])
        azul_bajos=np.array([102,82,43])
```

```
azul_altos=np.array([130,255,255])
mascara_rojo1=cv2.inRange(hsv,rojo_bajos1,rojo_altos1)
mascara_verde=cv2.inRange(hsv,verde_bajos,verde_altos)
mascara_azul=cv2.inRange(hsv,azul_bajos,azul_altos)
if algoritmo == 1:
    mask=cv2.add(mascara_rojo1,mascara_verde)
    mask=cv2.add(mask,mascara_azul)
    _, contours, _=cv2.findContours(mask,cv2.RETR_TREE,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    areas = [cv2.contourArea(c) for c in contours]
    i = 0
    for extension in areas:
        if extension > 46000:
            actual= contours[i]
            approx=cv2.approxPolyDP(actual,0.02*cv2.arcLength(actual,True),True)
            if len(approx)==4:
                GPIO.output(sal81,GPIO.LOW)           #activa posicion 1
                GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
                print('Es un Cuadrado')
                indefinido=2
            if len(approx)==8:
                GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(sal82,GPIO.LOW)           #activa posicion 2
                GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
                print('Es un Octagono')
                indefinido=2
            if len(approx)==3:
                GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(sal83,GPIO.LOW)           #activa posicion 3
                GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
                print('Es un Triangulo')
                indefinido=2
            i=i+1
    if indefinido == 1:
        GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
        GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
        GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
        GPIO.output(sal84,GPIO.LOW)           #activa posicion 4
        print('Es un Objeto indefinido')
        break
if algoritmo == 2:
    momentSr1=cv2.moments(mascara_rojo1)
    momentSv=cv2.moments(mascara_verde)
```

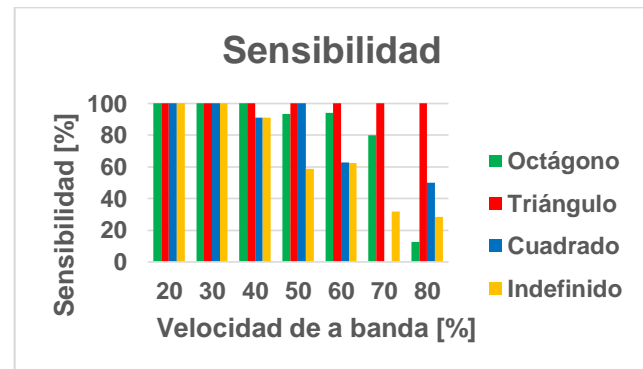
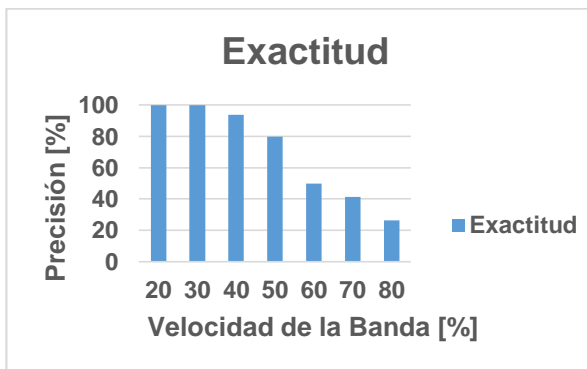
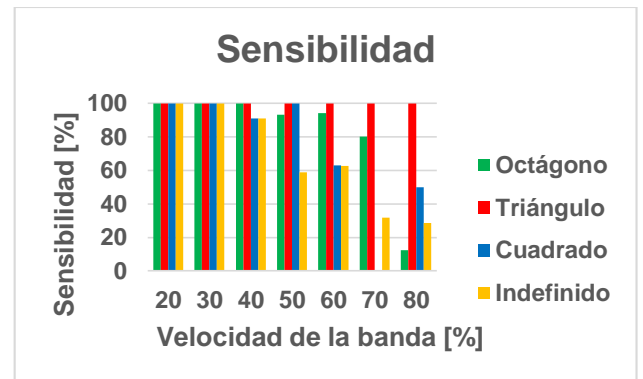
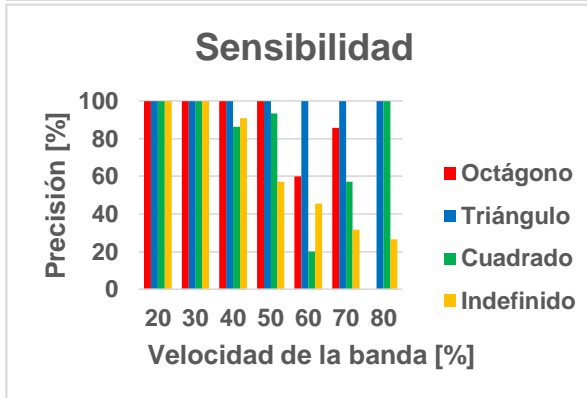
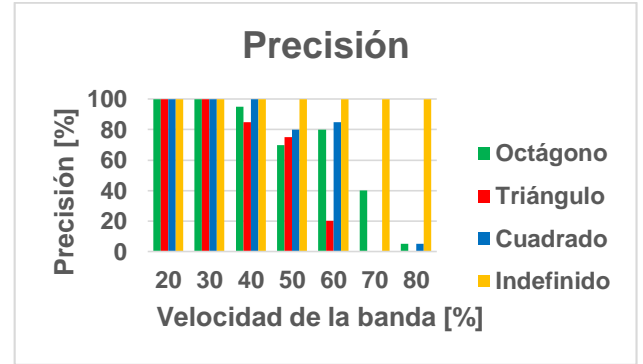
```
momentsa=cv2.moments(mascara_azul)
arear1=momentsr1['m00']
areav=momentsv['m00']
areaa=momentsa['m00']
if arear1 > 2000000 :
    GPIO.output(sal81,GPIO.LOW)           #activa posicion 1
    GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
    print("el objeto es rojo")
    indefinido=2
if areav > 2000000 :
    GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal82,GPIO.LOW)         #activa posicion 2
    GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
    print("el objeto es verde")
    indefinido=2
if areaa > 2000000 :
    GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal83,GPIO.LOW)        #activa posicion 3
    GPIO.output(sal84,GPIO.HIGH)
    print("el objeto es azul")
    indefinido=2
if indefinido == 1:
    GPIO.output(sal81,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal82,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal83,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(sal84,GPIO.LOW)       #activa posicion 4
    print('Es un Objeto indefinido')
break
GPIO.cleanup()
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```


ANEXO D. Resultados

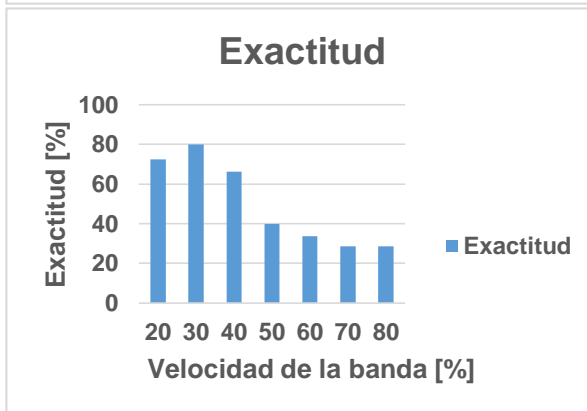
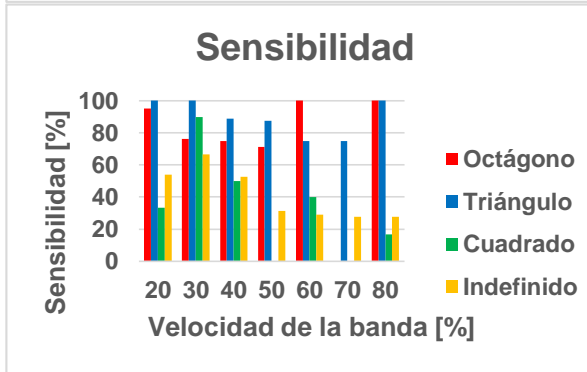
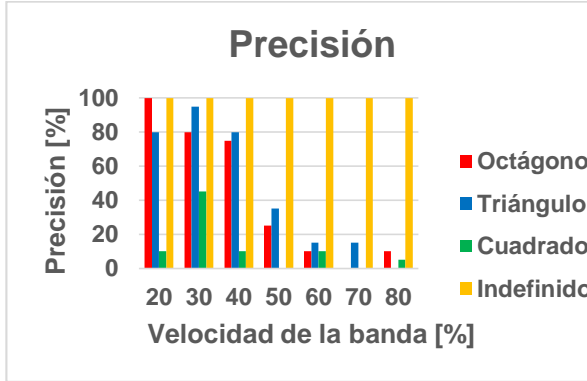
Coaxial Grupo 2 forma



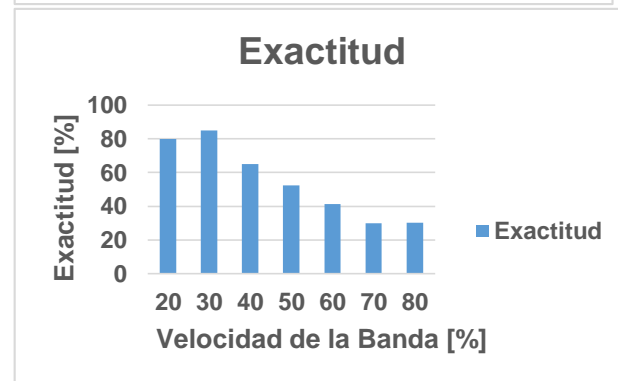
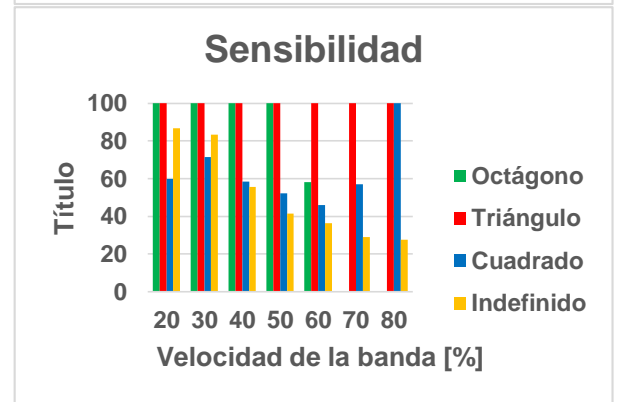
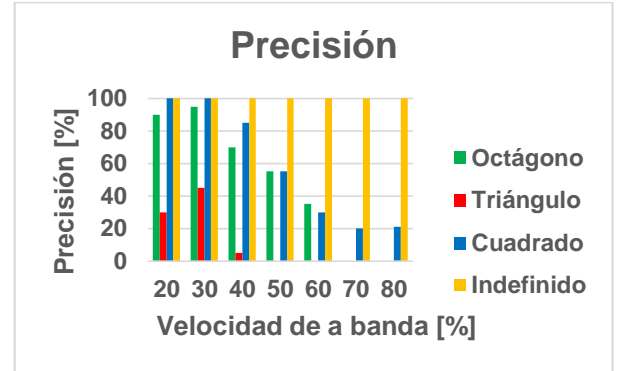
Coaxial Grupo 3 forma



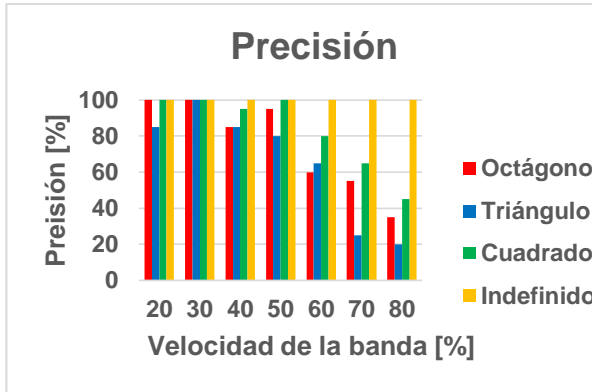
Dark Field Grupo 2 forma



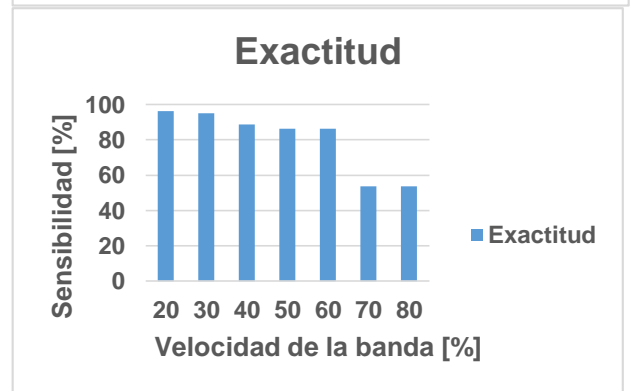
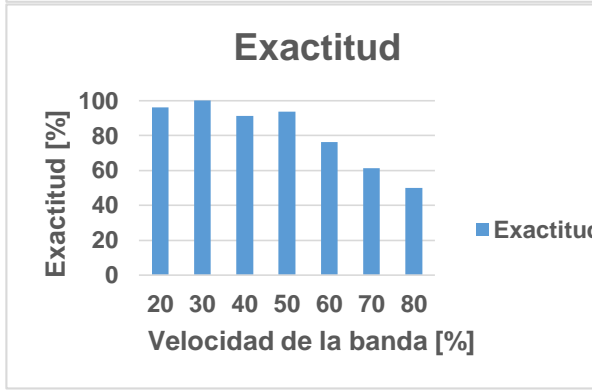
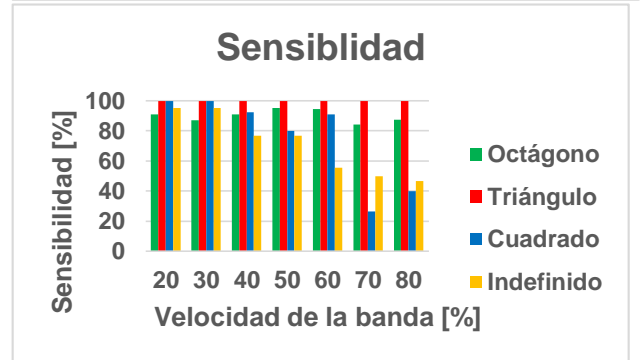
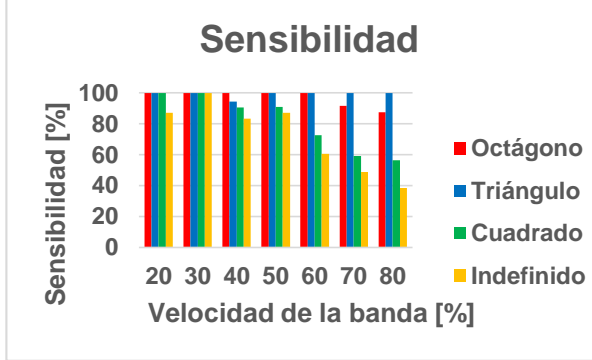
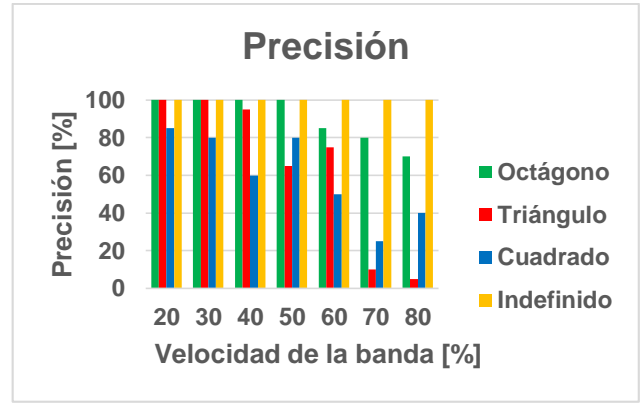
Dark Field Grupo 3 forma



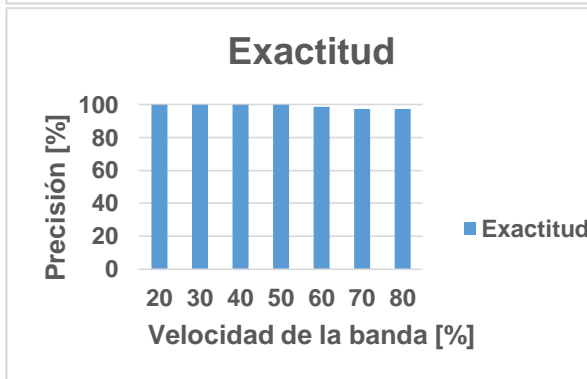
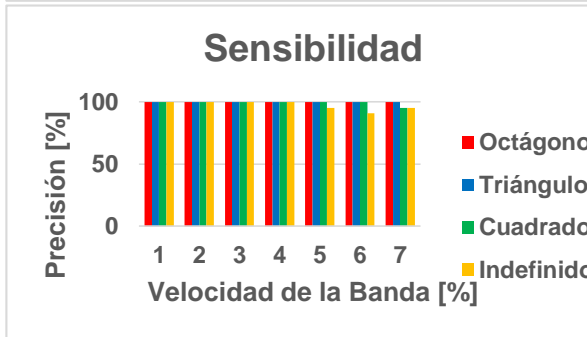
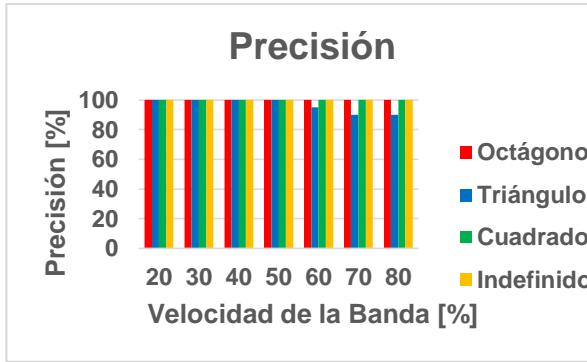
Lateral Grupo 2 forma



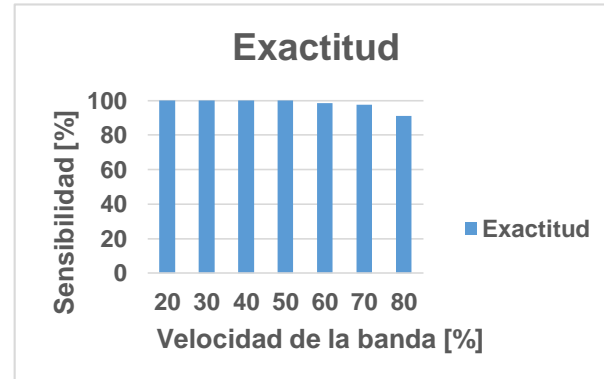
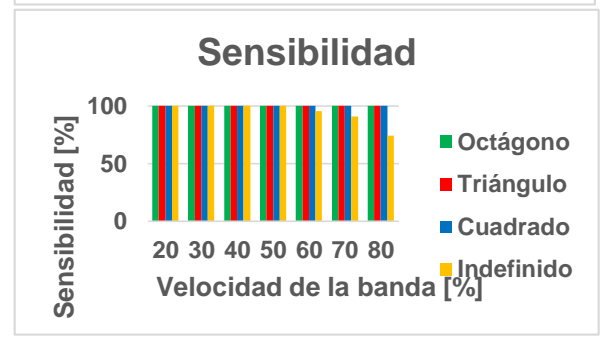
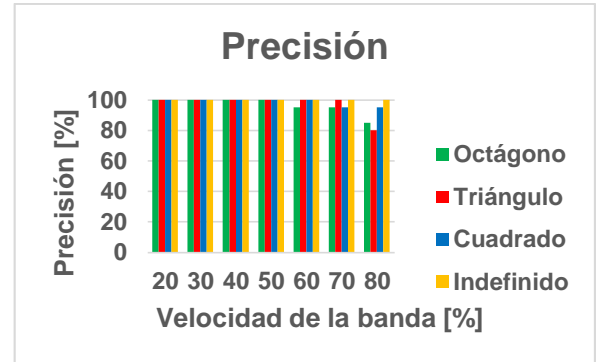
Lateral Grupo 3 forma



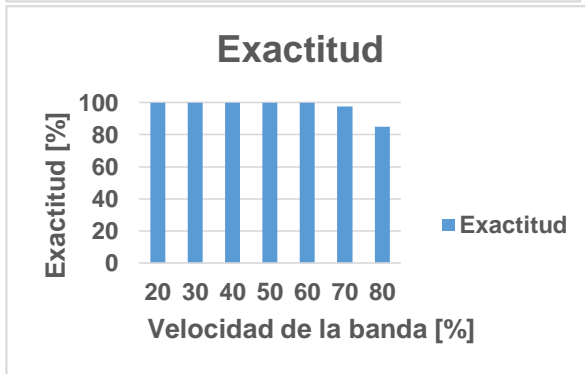
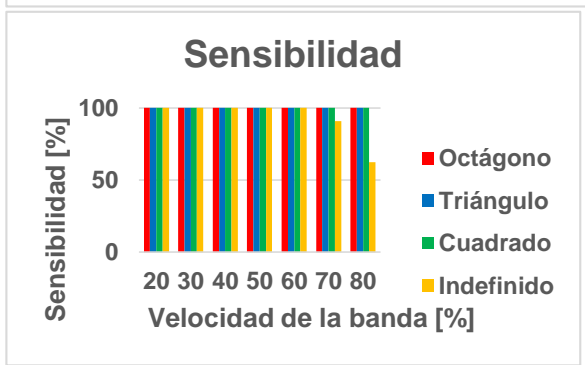
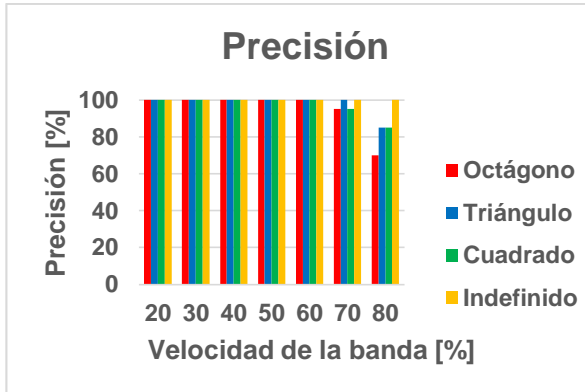
Coaxial Grupo 2 Color



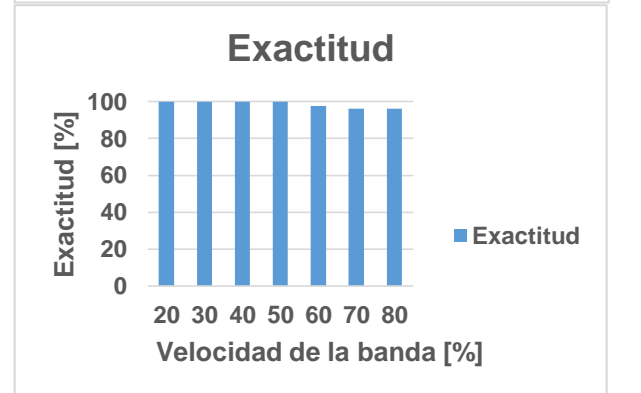
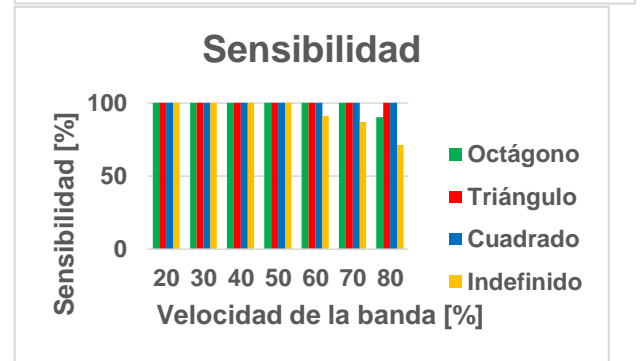
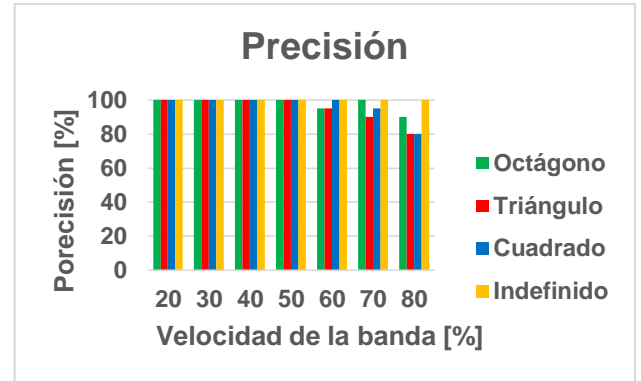
Coaxial Grupo 3 Color



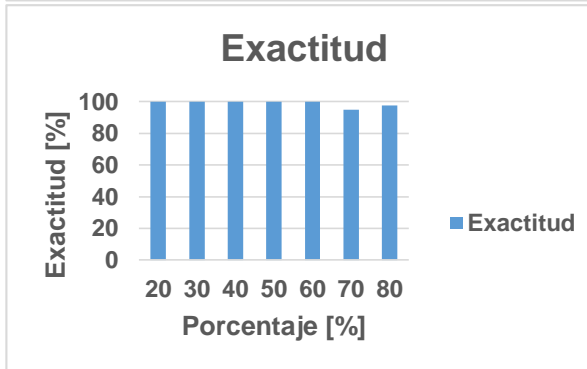
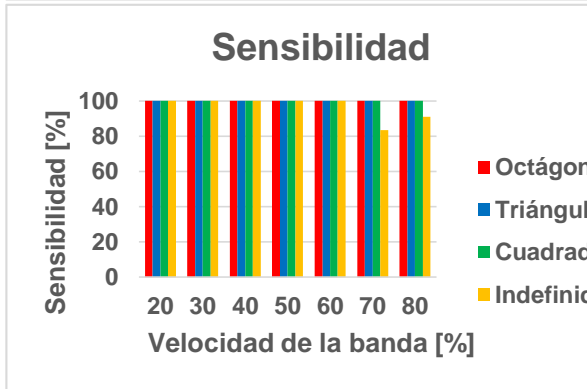
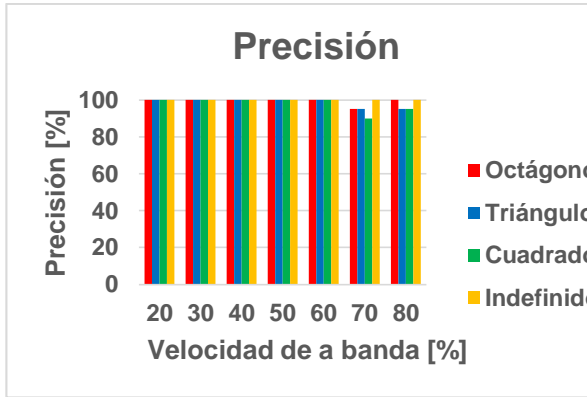
Dark Field Grupo 2 Color



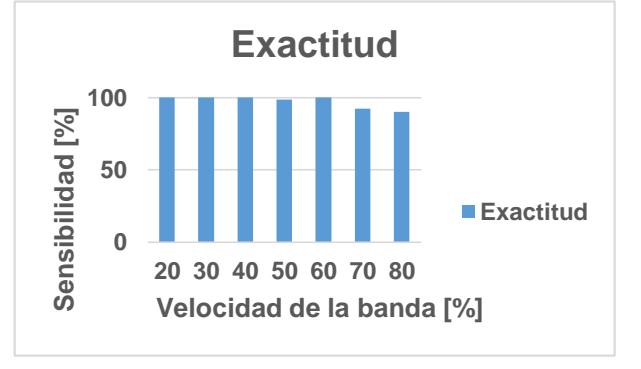
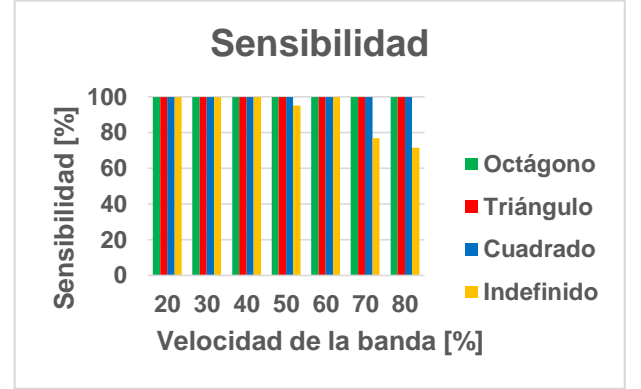
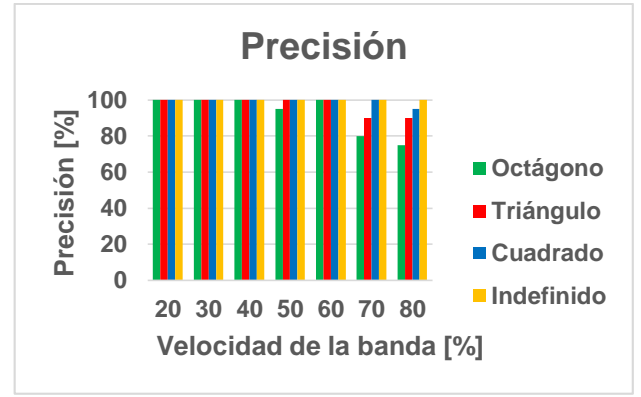
Dark Field Grupo 3 Color



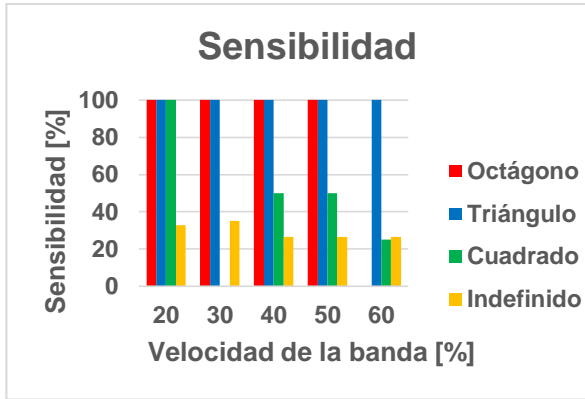
Lateral Grupo 2 Color



Lateral Grupo 3 Color



Dark Field grupo 2 con Filtro



Lateral Grupo 3 con filtro

