

Automatización de la dobladora de tejido plano artesanal de textiles Vinardi

Alberto Yandún¹; Cosme Mejía²

¹ Carrera de Mecatrónica, FICA, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, Ibarra, Ecuador
betodjnew89w@hotmail.com

² Docente Carrera de Ingeniería Mecatrónica ; Universidad Técnica del Norte; Ibarra-Ecuador

cdmejia@utn.edu.ec

Resumen. Textiles "VINARDI" por la falta de una máquina dobladora de tejido plano, se vio en la necesidad de diseñar una máquina artesanal electromecánica que cumpla con las condiciones necesarias para el producto y clientes del tejido plano que se fabrica 100% algodón; con el fin de mejorar el proceso de esta máquina, minimizar tiempos de trabajo, reducir riesgos para los obreros y minimizar los costos de producción, se implementará un sistema de control a esta máquina, aumentando la productividad del proceso siempre con un criterio de sustentabilidad. [2]

Se definieron los requerimientos del Sistema según a la voz del cliente y normativas, con base en esta información se determinó el material, la geometría del dispositivo y elementos a implementarse.

Se realizó el diseño del Sistema de control y mecánico necesario para sustentar la automatización.

La construcción e implementación del sistema se realizó de acuerdo con los parámetros definidos anteriormente, incorporando las debidas seguridades para el uso confiable del sistema.

Las pruebas de funcionamiento demuestran que la automatización soluciona el problema planteado mejorando notablemente el tiempo de proceso de doblado y cortado.

Palabras Clave

Automatización, Dobladora de tela, Diseño.

Abstract. Textiles "VINARDI" because of the lack of a flat-woven bending machine, it was necessary to design an electromechanical machine that meets the necessary conditions for the product and customers of flat fabric that is made 100% cotton; In order to improve the process of this machine, minimize work times, reduce risks for workers and minimize production costs, Textiles "VINARDI" because of the lack of a flat-woven bending machine, it was necessary

to design an electromechanical machine that meets the necessary conditions for the product and customers of flat fabric that is made 100% cotton; In order to improve the process of this machine, minimize working times, reduce risks for workers and minimize production costs, a control system will be implemented to this machine, increasing the productivity of the process always with a criterion of sustainability. Textiles "VINARDI" due to the lack of a flat-woven bending machine, it was necessary to design an electromechanical machine that meets the necessary conditions for the product and clients of flat woven fabric 100% cotton; In order to improve the process of this machine, minimize working times, reduce risks for workers and minimize production costs, a control system will be implemented to this machine, increasing the productivity of the process always with a criterion of sustainability.

System requirements were defined according to the customer's voice and regulations, based on this information the material, device geometry and elements to be implemented were determined.

The design of the control system and mechanic-assisted was performed to support the automation.

The construction and implementation of the system was carried out in accordance with the parameters defined above, incorporating the necessary safeguards for the reliable use of the system.

Performance tests demonstrate that automation solves the problem posed by significantly improving the bending and cutting process time.

System requirements were defined according to the customer's voice and regulations, based on this information the material, device geometry and elements to be implemented were determined.

The design of the control system and theoretical mechanic was carried out.

The construction and implementation of the system was carried out in accordance with the parameters defined above, incorporating the necessary safeguards for the reliable use of the system.

Performance tests show that automation solves the problem posed a system of automatic control will be implemented to this machine, increasing the productivity of the process always with a criterion of sustainability.

The control system and the theoretical mechanical design focused on the selection of materials were carried out.

The control of the actuator was performed with an open loop controller, it was designed in LOGO programming software and the control board in the Autocad electrical wizard software.

The construction of the control system was performed according to the parameters defined above, incorporating the guards necessary for the reliable use of the machine.

Functional tests show that the system solves the problem.

Key words

Automation, Fabric bending machine, Design.

1.Introducción

El sector textil, especialmente la sección de tejeduría plana y acabados es una de las más importantes en toda la cadena productiva, ya que es la encargada de proporcionar el proceso final para obtener un producto de calidad que permanezca en el mercado nacional e internacional. [1]

Textiles “VINARDI” tiene una máquina artesanal electromecánica. En el medio existen diversos tipos de dobladoras y enrolladoras que mencionaremos continuación:

- Dobladoras y enrolladoras mecánicas.
- Dobladoras y enrolladoras electromecánicas.
- Dobladoras y enrolladoras automáticas.

Esta microempresa posee dos telares para la elaboración de tela con una producción aproximada en cada máquina de 104.95 m/día, la empresa debido al aumento en sus demandas está próxima a la adquisición de 4 nuevos telares esto aumentaría considerablemente la producción de tela a doblarse y enrollarse. Debido a los aspectos mencionados, la implementación del sistema produciría grandes beneficios dentro de los diferentes procesos de producción textil, aumentando la eficiencia de manera sustentable, en el doblado y enrollado del material antes mencionado, a través de la automatización en la máquina dobladora. Un aspecto importante para el desarrollo del proyecto es que el sector de aplicación no dispone de este servicio.

2.Materiales y Métodos

Para esto se establece los elementos de control y mecánicos seleccionados de diversas alternativas de solución, necesarios para su construcción los mismos que deben cumplir los requisitos obligatorios para la implementación de este sistema de control.

2.1 Análisis Funcional

El nivel 0, representa de forma general el proceso de doblado y enrollado de la tela en la máquina, para que se cumpla esta función es necesario el rollo primario de tela, energía y señales de control como se puede observar en la Figura 1.

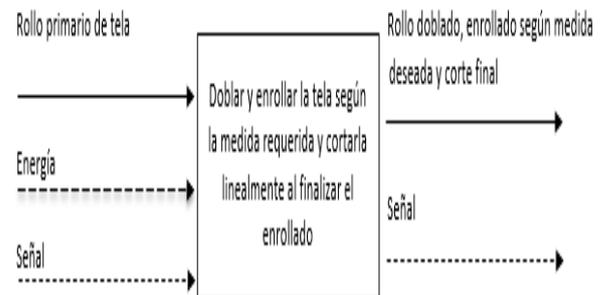


Figura 1. Análisis funcional nivel 0

El nivel 1, representa los procesos involucrados para el enrollado, conteo y corte de manera general, incluyendo los requerimientos deseados por el cliente y la normativa que debe cumplir como se puede observar en la figura 2.



Figura 2. Análisis funcional nivel 1

El nivel 2, muestra de forma más detallada cada uno de los procesos con acciones que en el nivel anterior no fueron especificadas como se pueden observar en las Figuras 3 y 4.

a) Enrollado y conteo de metros

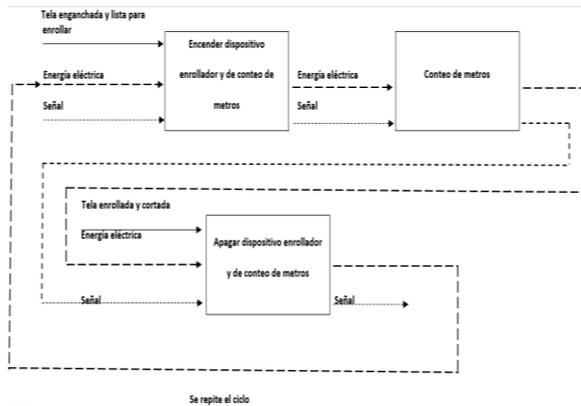


Figura 3. Análisis funcional nivel 2, modulo 1

b) Corte de tela

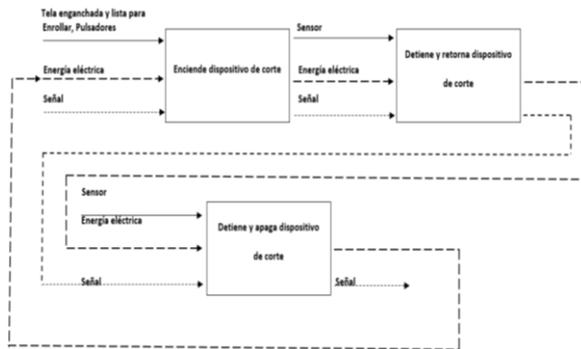


Figura 4. Análisis funcional nivel 2, [CDMEDF1] modulo 2

2.2 Subsistema de control

2.2.1 Requisitos del subsistema de control

En la Tabla 1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra los requisitos del sistema.

Característica	Elemento	Módulo	Objeto	Función
Entrada Digital I1	Interruptor	LOGO! 12/24 RC	A1	Sistema Automático
Entrada Digital I2	Interruptor	LOGO! 12/24 RC	A2	Sistema Manual
Entrada Digital I4	Encoder incremental 1	LOGO! 12/24 RC	A4	Pulsos para medición

Entrada Digital I7	Sensor de contacto #1	LOGO! 12/24 RC	A5	Contacto NA
Entrada Digital I8	Sensor de contacto #2	LOGO! 12/24 RC	A6	Contacto NA
Entrada Digital I9	Paro de emergencia	LOGO! 12/24 RC	A7	Contacto NC
Salida Digital Q1	Luz Piloto #1	LOGO! 12/24 RC	E1	Sistema OFF
Salida Digital Q2	Luz Piloto #2	LOGO! 12/24 RC	E2	Sistema ON
Salida Digital Q3	Luz Piloto #3	LOGO! 12/24 RC	E3	Sistema en Proceso
Salida Digital Q4	Contactador	LOGO! 12/24 RC	E4	Enclavamiento contactador
Salida Digital Q5	Motor # 1	Módulo DM8	Z	Transmisión Enrollador
Salida Digital Q6	Relé Cortadora de tela	Módulo DM8	Y	Cortadora ON/OFF
Salida Digital Q7	Relé 1 Motor #1	Módulo DM8	X	Giro primer sentido
Característica	Elemento	Módulo	Objeto	Función
Salida Digital Q8	Relé 2 Motor #1	Módulo DM8	X	Giro segundo sentido
RS-485	HMI	LOGO! 12/24 RC	RS	Puerto de comunicación

2.3 Diagrama de flujo del software

En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

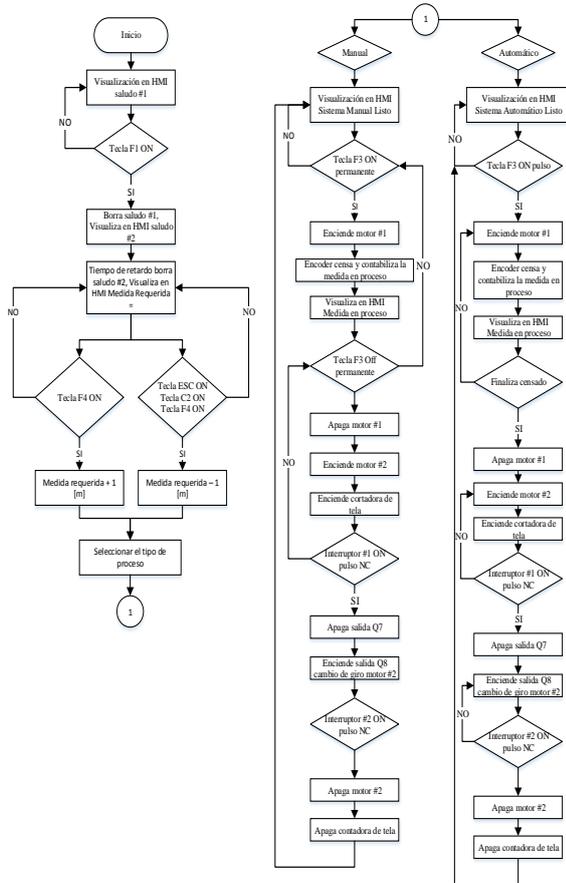


Figura 5. Diagrama de flujo del sistema

2.4 Subsistema mecánico

Para el diseño de la base de la cortadora se toma en cuenta el material a utilizar, garantizando que este resista el esfuerzo aplicado al momento de realizar el corte de la tela. La base de la cortadora está sometida a un esfuerzo de compresión, se tiene como dato que la base soporta 68.6 N, obteniendo este valor mediante pruebas de campo más el peso de la cortadora por la gravedad se calcula el esfuerzo de compresión.

En la Figura 6. Se muestra un boceto de diagrama de cuerpo libre de la placa utilizada.

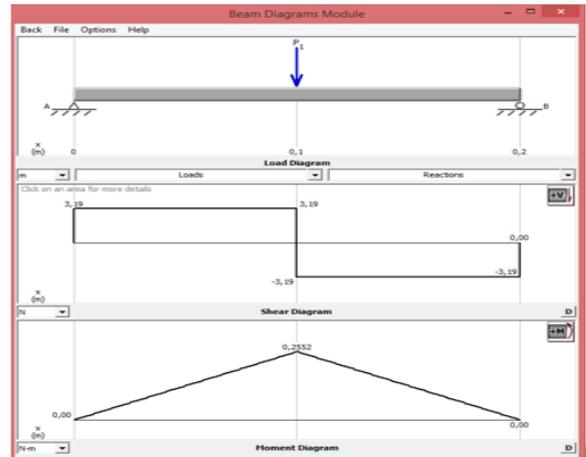
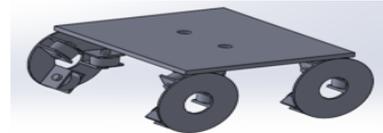


Figura 6. Muestra el diagrama de cuerpo libre de la Placa

En la Figura 7. Se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje.

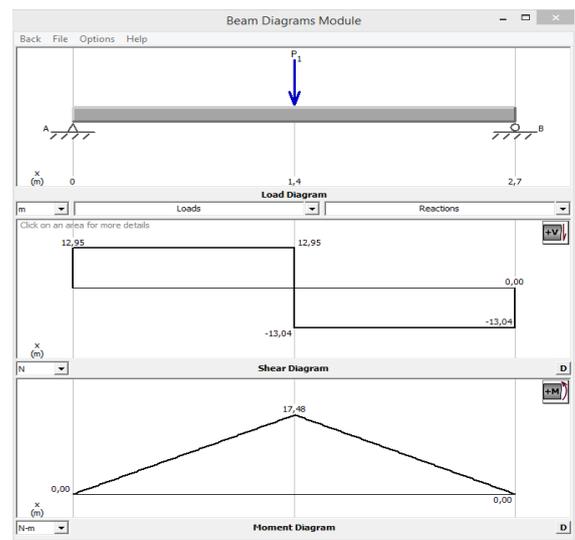


Figura 7. Muestra el diagrama de cuerpo libre del eje

2.5 Subsistema mecánico

En la tabla 2 se exponen las características técnicas de diferentes tipos de cortadoras para proceder a la selección.

Tabla 2. Tabla comparativa de cortadoras

Marca	Voltaje V	Potencia W	Peso kg	Velocidad de rotación rpm
FIAM TFS60	110	300	1,5	13000
LEGIANG YJ-70	110	200	1,3	2400
FIAM TLY 20-2	110	400	1,8	6500

Se utilizará la cortadora de disco de la marca LEJIANG, modelo YJ-70, para la selección de esta cortadora se ha tomado en cuenta distintos factores como son:

- Peso de la cortadora.- Tiene que ser necesariamente bajo, debido a que este se suma al del sistema de transmisión y para poder obtener un sistema versátil, factible y eficiente se necesita que este dispositivo no genere mayores cargas al ser adaptado a la máquina.
- Velocidad de corte- La velocidad de corte debe estar entre los 2000 y 2500 revoluciones por minuto este dato se ha tomado de pruebas de corte realizadas.
- El material a ser cortado.- Al ser tela se ha visto factible utilizar una cortadora de disco para tela, siendo las características del material no muy resistentes, las indicadas para este tipo de corte.

3. Resultados

3.1 Subsistema de control

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Se muestra la parte externa del gabinete de control donde se encuentran instalados diferentes accesorios.

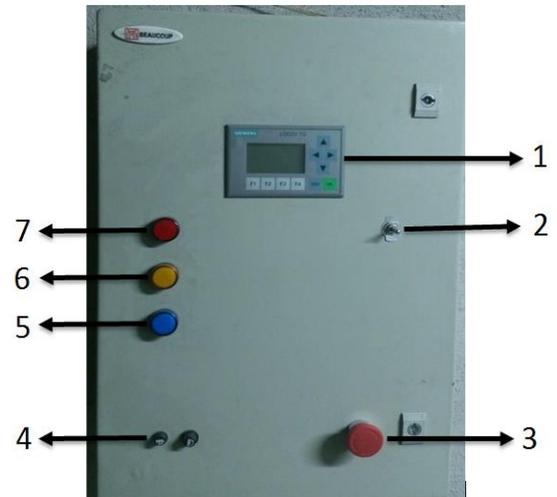


Figura 8. Gabinete de control parte externa

Dónde:

1. HMI TD LOGO!
2. Interruptor de tres estados para seleccionar el proceso.
3. Pulsador paro de emergencia.
4. Fusibles de protección.
5. Luz piloto color azul, advertencia ciclo en proceso.
6. Luz piloto color amarillo, advertencia inicialización del sistema.
7. Luz piloto color rojo, advierte advertencia de sistema apagado.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Se muestra la parte interna del gabinete de control donde se encuentran instalados diferentes accesorios.

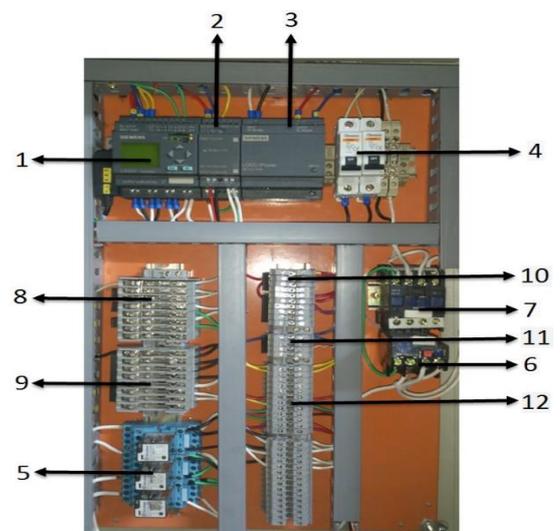


Figura 9. Gabinete de control parte interior

Dónde:

1. PLC LOGO! 12/24 RC.
2. Módulo de expansión digital DM8 12/24 RC.
3. Fuente de poder LOGO! Power.
4. Breakers de encendido.
5. Relés electromagnéticos de 4 A.
6. Relé térmico de 6 A.
7. Contactor 110 VAC.
8. Borneras de conexión 110 VAC línea.
9. Borneras de conexión 110 VAC neutro.
10. Borneras de conexión 24 VDC positivo.
11. Borneras de conexión 24 VDC negativo.
12. Borneras de conexión entradas y salidas.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3** se indican las mediciones y margen de error obtenidos de las pruebas realizadas para una medición de 50 [m].

Tabla 3. Resultados de pruebas de medición realizadas para 50 m.

Prueba	Medición requerida [m]	Medición obtenida[m]	Error de medición[%]
1	50	50.2	0.4
2	50	50.2	0.4
3	50	50.1	0.2
4	50	50.2	0.4
5	50	50.15	0.3
6	50	50.1	0.2
7	50	50.3	0.6
8	50	50.15	0.3
9	50	50.15	0.3
10	50	50.25	0.5
ERROR PROMEDIO			0.36

En las pruebas se pudo observar que el porcentaje promedio de error es igual 3.6 % es menor que el establecido en las normas de calidad para la medición de tela.

Para mejorar la resolución en la medición longitudinal se debe calcular el punto de inicialización del encoder con mayor exactitud.

El porcentaje de error puede aumentar en este tipo de proceso debido a las características de la tela por disposiciones técnicas propias de la micro empresa el error puede aumentar hasta un 10 % sin afectar el proceso económicamente ya que la tela tiene ciertas características que una vez en reposo tiende a encogerse un promedio de 0 a 50 cm.

3.2 Subsistema mecánico

El material de la base es acero ASTM A36 y tiene una resistencia a la fluencia igual a 220 MPa, con este dato se calcula el factor de seguridad:

$$n = 1.24$$

Se realiza el análisis en solidword para comprobar que el material resista o soporte la carga, mediante el esfuerzo de Von Mises comprobando que el factor de seguridad esta sobre dimensionado, así que no se tendrá ningún problema con la deformación o falla del material.

En la Figura 10. Se muestra el análisis resultante de Deformación unitaria.

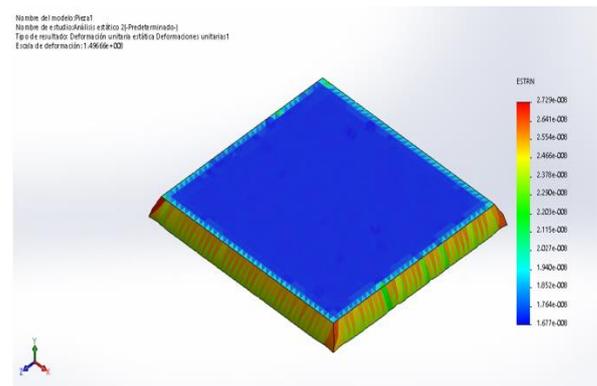


Figura 12. Análisis resultante de Deformación unitaria.

Para el cálculo en ejes huecos se aplica la teoría de deformación por flexión para acero ACTM A316 con:

El factor de seguridad n tiene un valor de 9.24 se sobredimensiona debido a longitud de los ejes que soportan cargas constantes por lo cual de no sobredimensionar existiría pandeo influyendo en vida útil y funcionamiento de los ejes.

Concluyendo se pudo observar que el sistema promedio 15 rollos de 50 m en 1 hora con un error promedio de 0.4% que está bajo el porcentaje aceptable, cabe acotar de lo observado en las diferentes pruebas este número es un valor promedio de una medición constante y con un operario con experiencia ya que podrá aumentar o disminuir en un uno o dos rollos máximo la cantidad de acuerdo a la habilidad de los operarios y a las circunstancias en las que ellos operen la máquina.

Se determinó los costos, y los beneficios implementando la maquinaria, como se presenta en el la Tabla 5:

Tabla 5. Costo - Beneficio

Costos	Valor	Beneficio	Valor
Inversión maquinaria	2,449.95	Aumento de utilidad	5360.00
Mantenimiento	20.00	Disminución de costos/mano de obra	240.00
Total costos	2,469.95	Total beneficios	5600.00

Una vez aplicada la fórmula podemos demostrar que el beneficio es superior a los costos reflejando esto un resultado positivo mayor a cero es decir que por cada dólar de inversión vamos a recuperar 2.27, de esta manera se ha demostrado que si una empresa de telares, realiza la inversión en la maquinaria obtendría una disminución en sus costos de producción implementando la tecnología y optimizando recurso humano volviéndose más eficiente debido a que aumenta sus utilidades y disminuyendo sus costos.

Determinado además que el tiempo de recuperación de la inversión será en 10 meses y 6 días.

4. Conclusiones

Mediante la implementación de este sistema se optimiza en un 50% el enrollado, doblado y medición de tela.

Conociendo los diferentes métodos de enrollado y medición de tela se tomó en cuenta la opción de automatización mediante un PLC LOGO 12/24 RC realimentado por un encoder incremental que permite obtener la medición con una precisión de

Con las pruebas realizadas se determinó para este sistema el corte lineal, con una cortadora de tela con disco giratorio mejorando disminuyendo el tiempo de corte de 15 a 13 segundos de y de 40% a 80% el corte preciso, de buena calidad.

El programador elegido y los medios elegidos para la interacción sistema usuario son confiables para buen manejo de la máquina permitiendo que el operador no esté esclavizado en el control de la máquina y pueda realizar actividades diferentes mientras el sistema automático trabaja.

Se comprobó con la máquina a pleno funcionamiento que el sistema está dentro de las necesidades técnicas y de calidad cumpliendo un porcentaje de modernización de 30% a 90% propuesto con este proyecto.

5. Recomendaciones

Para un buen manejo y operación del sistema se recomienda leer el manual de usuario y mantenimiento para que la máquina funcione de manera eficiente y sin poner en peligro bienes materiales, su integridad y la de los demás.

Es necesario antes de inicializar el programa de control realizar la calibración del sensor encoder en el su punto de inicio para que la medición tenga una mejor resolución y sea más precisa.

Se recomienda a las medianas y pequeñas industrias que implementen tecnología moderna ya que esto permite innovar sus procesos tradicionales, optimizando procesos, mejorando su eficiencia.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] AITE. (2014). Asociación de Industrias Textiles del Ecuador. Recuperado el 18 de 02 de 2014, de Asociación de Industrias Textiles del Ecuador: http://www.aite.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=2
- [2] Antonio Zamora, R., Galicia Balón, R., & León Espíndola, L. (2009). Acondicionamiento de un brazo manipulador monitoreado por medio de una interfaz gráfica realizada con "Intouch the Wonderware". México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- [3] Cruz Vásquez, V. A. (2009). Diseño de una transmisión de potencia entre bomba y motor para bombeo de lodo. Piura: Universidad de Piura.
- [4] Domingo Peña, J., Gámiz Caro, J., Grau Saldes, A., & Martínez García, H. (2003). Introducción a los autómatas programables (Primera ed.). Aragón: UOC.
- [5] Fuentes López, A. P. (2012). Diseño y construcción de un biodigestor con sistema automático para generación de biogás en la finca Tanguarín de la parroquia San Antonio

- de Ibarra. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- [6] Giraldo, D., & Tabares, I. (1997). Teoría de control (Tercera ed.). México: Hispanoamerica, Pretince-Hall.
- [7] Gualpa Herrera, L. L. (2006). Incremento de la productividad en el área de tejeduría de la fábrica "TEXPAC". Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.
- [8] Guillén Vilañez, D. F. (2013). Diseño, construcción y funcionamiento de una dobladora de tejido tipo artesanal para Textiles VINARDI. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- [9] Hamrock, B., Jacobson, B., & Schmid, S. (2000). Elementos de Máquinas. México: The McGraw- Hill Companies.
- [10] INSTITUTO DE PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES E INVERSIONES ProEcuador. (2014).
- [11] Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [12] Lockuán Lavado, F. E. (2012). La industria textil y su control de calidad. Creative Commons.
- [13] Mateos, F. (11 de 2011). Universidad de Oviedo Area de Ingeniería de Sistemas y Automática. Obtenido de Universidad de Oviedo Area de Ingeniería de Sistemas y Automática:
<http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>
- [14] Obando, C. (2011). Sistema de ordeño automatizado con registro inalámbrico de la producción lechera. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, Proyecto de titulación.
- [15] Ogata, K. (1998). Ingeniería de control moderna (Tercera ed.). México: Pearson.
- [16] Osorio Valencia, J. E. (2006). Gestión Financiera Empresarial Contexto y Casos Colombianos. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
- [17] Pabesi, L. (2011). PALLADIO. Obtenido de PALLADIO:
[file:///C:/Users/Alberto%20Yandun/Downloads/2do+Apunte+N%C2%B0+2.+Tejido+plano%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Alberto%20Yandun/Downloads/2do+Apunte+N%C2%B0+2.+Tejido+plano%20(2).pdf)
- [18] ProEcuador. (2014). Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. Obtenido de Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones:
<http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cuero-y-textiles/>
- [19] ProfesorMolina. (2012). Introducción a PLCs. Recuperado el 2 de Agosto de 2012, de www.profesormolina.com.ar/tecnologia/plc/introd.htm
- [20] Rivera Vega, M. D. (6 de Julio de 2012). Slideshare. Obtenido de Slideshare: <http://www.slideshare.net/mariadprivera/introduccion-a-los-procesos-textiles>
- [21] Rosero Rosero, L. G. (2013). Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50 Kg. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- [22] SIEMENS. (2009). LOGO! Manula de Usuario V 6.0 (Sexta ed.). Alemania: Siemens.
- [23] Sotomayor, J. P.-A. (2015). Diseño, Automatización y Simulación de una línea para fabricación de pinturas. Quito.
- [24] Ulloa Lopez, H., & Rodriguez Gonzales, T. (2012). Analisis y estudio de los sensores aplicados a la mecatrónica para prácticas en el laboratorio de electrónica, control y automatismo utilizando el módulo de entrenamiento NI-QNET-015. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- [25] Vilatuña Pilataxi, A. R. (2007). Análisis y cálculos de telas de tejido plano que servirán de base para la implementación de un software textil. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.