

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA TOMA DE
TIEMPOS DE UN PROCESO DE RECOLECCIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DE PIEZAS DE CORTE DE PRENDAS EN
CONFECCIÓN A TRAVÉS DE FISCHERTECHNIK Y
ARDUINO**

ANDREA DEL PILAR CAMACHO ARCHILA



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
BOGOTÁ
2023**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA TOMA DE
TIEMPOS DE UN PROCESO DE RECOLECCIÓN Y
DISTRIBUCIÓN DE PIEZAS DE CORTE DE PRENDAS EN
CONFECCIÓN A TRAVÉS DE FISCHERTECHNIK Y
ARDUINO**

ANDREA DEL PILAR CAMACHO ARCHILA

Trabajo de grado para optar al título de ingeniera industrial

**Directores: Ruth Milena Suarez Castro
Víctor Manuel Carrillo Álvarez**



**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
BOGOTÁ
2023**

CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2.	JUSTIFICACIÓN	19
3.	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	21
3.1	Objetivo General:.....	21
3.2	Objetivos Específicos:	21
4.	MARCO REFERENCIAL	22
4.1	Antecedentes en la solución del problema.....	22
4.2	Marco REFERENCIAL.....	23
4.2.1	INDUSTRIA TEXTIL	23
4.2.2	INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN	23
4.3	Proceso de diseño y patronaje:	23
4.3.1	Proceso de Corte:.....	23
4.3.2	Tendido	24
4.3.3	Extendido en un solo sentido.....	24
4.3.4	Tendido en Zig Zag	24
4.3.5	Tendido Cara Arriba/Abajo	25
4.3.6	Corte	25
4.3.7	Recogido	26
4.4	FISCHERTECHNIK	27
4.5	ESTUDIO DE TIEMPOS.....	30
4.5.1	PROCEDIMIENTOS SISTEMÁTICOS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO	30
4.6	MÉTODOS GENERALES PARA MEDIR TIEMPO ESTANDAR	30

4.6.1	CRONOMETRAJE	31
4.7	ARDUINO.....	31
4.7.1	PLACA DE ARDUINO	32
4.7.2	Microcontrolador.....	32
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	34
6.	DESARROLLO Y RESULTADOS.....	35
6.1	FASE DE BUSQUEDA DE INFORMACIÓN	35
6.2	FASE DE RECONOCIMIENTO Y MANEJO DE DISPOSITIVOS (SOFTWARE/HARDWARE).....	40
6.2.1	HARDWARE	41
6.2.2	SOFTWARE	42
6.3	FASE DE DISEÑO, CONSTRUCCION DE DISPOSITIVOS NUEVOS Y DIAGRAMAS DE FLUJO	46
6.3.1	SISTEMA DE TENDIDO.....	46
6.3.2	CONEXION A TX CONTROLLER Y DIAGRAMA DE FLUJO	50
6.3.3	SISTEMA DE CORTE	52
6.3.4	CONEXION A TX CONTROLLER Y DIAGRAMA DE FLUJO	53
6.3.5	3.3. SISTEMA DE RECOGIDO.....	54
6.3.6	CONEXION A TX CONTROLLER Y DIAGRAMA DE FLUJO	56
6.4	FASE DE PRUEBA Y MODIFICACION	57
6.5	Fase de montaje, integración y pruebas con Arduino	61
6.5.1	MONTAJE E INTEGRACION	61
6.5.2	PROGRAMACION.....	63
6.5.3	Tabla de tiempos finales.....	68
7.	CONCLUSIONES.....	70
8.	RECOMENDACIONES.....	72

BIBLIOGRAFÍA.....	73
-------------------	----

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 Principales destinos de exportación confecciones de prendas de vestir 2018-2022 Fuente: Observatorio de moda – Inexmoda, 2022	14
Diagrama 2 Monto de importaciones confección de prendas de vestir 2018- 2022.....	15
Diagrama 3 Monto de importaciones confección de prendas de vestir 2018- 2022.....	16
Diagrama 4 Diagrama de procesos de producción del sector textil colombiano	17
Diagrama 5 Operaciones básicas del sector textil-confección.....	22

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 Placa de Arduino.....	32
Imagen 2 Placa ATmega 328P	33
Imagen 3 Construcción de pinza oscilante.....	41
Imagen 4 diagrama de conexiones de componentes al TX CONTROLLER.....	42
Imagen 5 Brazo pinza oscilante 2 ejes 9V	42
Imagen 6 Programa Robopro.....	43
Imagen 7 Diagrama de flujo de centro neumatizado	44
Imagen 8 ficha técnica centro neumatizado	45
Imagen 9 Prototipo centro neumatizado de procesamiento	
Imagen 10 pinza brazo 3 ejes 9V.....	46
Imagen 11 Construcción de banda transportadora	47
Imagen 12 Construcción de banda transportadora	47
Imagen 13 Implementación de motores a bandas transportadoras.....	48
Imagen 14 Modificaciones de mecanismo en banda transportadora.....	48
Imagen 15 construccion de columnas sistema de tendido	49
Imagen 16 Implementación de motores para sistema de tendido	49
Imagen 17 Sistema de tendido.	49
Imagen 18 Implementación de sensor de luminosidad en sistema de tendido	50
Imagen 19 Sistema de tendido finalizado	50
Imagen 20. Diagrama de conexión sistema de tendido al TX CONTROLLER	51
Imagen 21 Sistema de tendido vista frontal	51
Imagen 22 Diagrama de procesos sistema de tendido	52
Imagen 23 Máquina de corte automatizado con corte a laser	52
Imagen 24 Brazo 3 ejes	53

Imagen 25 Diagrama de conexión brazo 3 ejes al TX CONTROLLER.....	54
Imagen 26 Pinza oscilante 2 ejes	55
Imagen 27 Sistema de ventosa.....	55
Imagen 28 Pinza oscilante 3 ejes 9v.....	56
Imagen 29 Brazo 3 ejes con sistema de ventosa integrado (modificación)	56
Imagen 30 Diagrama de conexión sistema de ventosa a TX CONTROLLER	57
Imagen 31 Diagrama de procesos sistema de recogido (robopro)	57
Imagen 32 Proceso de corte (modificado)	58
Imagen 33 Diagrama de procesos sistema de corte (modificado).....	59
Imagen 34 Diagrama de conexión de componentes al TX COONTROLLER sistema de corte (modificado).....	60
Imagen 35 Unión de los diagramas de procesos (diagrama final).....	60
Imagen 36 Sistema de procesos textil completo	61
Imagen 37 Montaje primera conexión desde Fischertechnik al Arduino proceso de tendido	62
Imagen 38 Montaje segunda conexión desde Fischertechnik al Arduino proceso de corte	62
Imagen 39 Montaje final Fischertechnik con Arduino con Arduino Imagen 40 Montaje placa de cobre 63	63
Imagen 41 Código declaración de pines Arduino	63
Imagen 42 Código para cronometro Arduino.	63
Imagen 43 Código para contador de tiempo Arduino.	64
Imagen 44 Código verificadores Arduino.	64
Imagen 45 Código datos en cadena de almacenamiento de tiempos Arduino	64
Imagen 46 Código sumatorio total de tiempos de procesos Arduino.....	64
Imagen 47 Código función cronometro con condicional Arduino	65
Imagen 48 Código función clearcronometro Arduino.	65

Imagen 49 Código almacenamientocronometro () Arduino.	65
Imagen 50 Código puerto serial 9600 para tiempos y pines de entrada de Arduino.....	66
Imagen 51 Código ejecución del proceso de temporizador Arduino.....	66
Imagen 52 Código ciclo WHILE para conteo de tiempo proceso de tendido con condicionales Arduino.....	66
Imagen 53 Código proceso de verificación de temporizador proceso de tendido Arduino.	67
Imagen 54 Código ciclo WHILE para conteo de tiempo proceso de corte con condicionales Arduino	67
Imagen 55 Código proceso de verificación de temporizador proceso de corte Arduino....	67
Imagen 56 Código ciclo WHILE para conteo de tiempo proceso de recogido con condicionales Arduino.....	67
Imagen 57 Código cadena de tiempos con sus respectivos tiempos de cada proceso y sumatoria final Arduino.	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de maquetas FischerTechnik de un solo proceso	29
Tabla 2 Descripción de maquetas FischerTechnik de dos o más procesos	29
Tabla 3 Descripción de procesos textil manual, automatizado y semiautomatizado.....	40
Tabla 4 Tabla de tiempos de procesos de manufactura Arduino.....	69

INTRODUCCIÓN

La industria textil es un sector de la economía de suma importancia para el país, en razón a que genera cerca de 600.000 empleos al año, y ha consolidado al país como uno de los principales exportadores de prendas de vestir en Latinoamérica. La industria textil comenzó con individuos (en su mayoría mujeres jóvenes y de tercera edad) realizando prendas de vestir a través métodos manuales, el corte de los moldes se realizaban por medio de herramientas manuales como las tijeras tomado un metro y con base en las medidas de la anatomía de la persona, el modelo, y el diseño de la prenda se realiza la labor de costura a mano con solo aguja e hilo sin importar las largas horas de trabajo con el único propósito de entregas a tiempo, bien elaboradas y la satisfacción del cliente, para así ganar el pan de cada día, el reconocimiento de la gente de clase media y alta y poder obtener más clientes para crecimiento de sus negocios

Con el pasar del tiempo empieza a dejar la técnica manual y volverse una labor un poco más automatizada en términos de costura, integrando el uso de máquinas de coser con ayuda de una rueda y de los movimientos del pie, desde ese momento comienza el cambio de la industria textil. La tecnología ha permeado sin duda este sector, al punto de encontrar en la actualidad partes del proceso que son totalmente automáticas y que le proporcionan mayor productividad y calidad en los productos.

Esta situación viene dada por la incursión de la llamada Industria 4.0, tendencia productiva que cada vez crece más, reflejándose en procesos altamente tecnificados que hacen posible que el trabajo que realice tenga un sistema programable con ciclos continuos, donde no es necesaria la manipulación humana durante todo el proceso.

Los sistemas de automatización tienen como objetivo encontrar mejoras en los procesos de producción con el fin de poder disminuir costos y elevar la productividad, de asegurar el cumplimiento de especificaciones de calidad en el producto dependiendo de las referencias o características acordadas con el cliente, buscando eliminar reprocesos, y detectar anticipadamente fallas en las líneas de producción donde se están generando conflictos, cuellos de botella, pérdidas monetarias, o inclusive identificando procesos que han de ser modificados mas no eliminados. Los sistemas automatizados aseguran igualmente, un buen manejo de las materias primas e insumos, a la vez que permiten monitorear los tiempos de producción.

Existen algunos procesos en la industria textil que se encuentran 100% automatizados, que van desde los procesos de elaboración de la tela, calidad, corte, tendido, así como procesos que están medianamente automatizados, como los procesos de hilado, estampados, diseños de bordados, olajes, costura (para este caso son máquinas de coser modernas manipulados por operarios). Adicionalmente, aún se cuenta con procesos que aún siguen siendo manipulados por la mano de obra, como el proceso de recogido de los cortes de los moldes para ser llevados sea para almacén o continuar con su proceso hasta ser un producto final.

Sin embargo, no todas las empresas conocen las bondades de la automatización, lo que hace que se sigan manejando procesos de forma manual, la medición del tiempo se realiza

aún a través de cronómetros, no se cuenta con datos de producción en tiempo real, entre otras situaciones a mejorar.

Si bien es cierto, que para este tipo de industria es compleja la automatización completa de todos los procesos, se hacen esfuerzos por cumplir con la meta de automatizar el 50% de una planta textil y poder capacitar al personal en el manejo de las nuevas máquinas y dar conocimiento de esta nueva industria, situación que exige la adopción de nuevas tecnologías y crecimiento laboral, a fin de obtener ventajas competitivas ante la alta cantidad de oferentes en este mercado.

No solo se debe pensar en la mejora de la empresa en términos de producción, sino que cualquier mejora en el proceso ha de tener en cuenta la seguridad e integridad de los trabajadores, ya que hay procesos donde deben hacer esfuerzos adicionales colocando en peligro y la salud de la persona, así que la automatización de estos procesos también tiene como objetivo el cuidar y trabajar de la mano con los empleados, mejorando su calidad de vida y un trabajo digno.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, este proyecto tuvo como enfoque automatizar procesos que siguen siendo manipulados por el hombre, y por eso se tomó la decisión de realizar una propuesta de automatización en el proceso de recolección de piezas de corte a través de prototipos didácticos conocidos como Fischertechnik y toma de tiempos en un proceso del sector textil con ayuda de Arduino

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector textil confección colombiano se destaca por los grandes aportes que hace a la economía colombiana, específicamente con la contribución al PIB y en la generación de empleo. Actualmente goza de alto reconocimiento por ser pionero en la exportación de prendas de vestir y otros productos textiles a nivel latinoamericano. El sector textil se encuentra compuesto por tres ramas de producción que son: Hilados, tejidos de algodón y tejidos de punto)

El monto total de las exportaciones de prendas de vestir para el periodo 2018 – 2021 oscilan entre los \$257.190 y los \$582.890 dólares, presentando una alta variabilidad en cada año, situación que puede adjudicarse a la pandemia debida al COVID-19, sin embargo, aunque en el año 2020 las exportaciones decayeron considerablemente, se observa que para el año 2021 y 2022 presentan tendencia al alza (Inexmoda et al., 2022).



Diagrama 1. Monto de exportación de confecciones de prendas de vestir 2018- 2022

Fuente: Observatorio de moda – Inexmoda, 2022



Diagrama 1 Principales destinos de exportación confecciones de prendas de vestir 2018- 2022 Fuente: Observatorio de moda – Inexmoda, 2022

Los países de preferencia a los cuales se han destinado las exportaciones de prendas de vestir colombianas entre los años 2018 y 2022 son: Estados Unidos con un 49,6% del total de exportaciones, seguido de Ecuador, Perú y México con un 23,5%.

Las empresas del sector textil confección han surgido en los inicios a partir de la creación de talleres y pequeñas tiendas donde se fabricaba y se comercializaba prendas de vestir entre otros productos. Al pasar el tiempo se han constituido en grandes empresas, muchas de ellas con alto reconocimiento en la industria Nacional y en algunas ocasiones en el ámbito internacional como resultado de los procesos de exportación que se han venido realizando y que le han permitido posicionarse, encontrándose a la ciudad de Medellín como el centro del sector textil nacional, seguido de Bogotá. En estas dos ciudades se ha concentrado principalmente el desarrollo de la industria textil y todas sus ramas.

A medida que este sector ha ido mejorando los recursos de producción con la importación de maquinaria, ha mejorado sus procesos, aun cuando persisten los pequeños talleres de confección con técnicas muy rudimentarias. Sin embargo, debido a cambios en formas de mercado que han golpeado significativamente al sector, como la apertura económica, donde, por una parte, se dio el ingreso ilegal y a menor precio de mercancía y, por otra parte, hizo que la llegada de nuevos competidores extranjeros pusiera en dificultades a este sector. Esta situación se hizo más evidente con el inicio de la globalización de los mercados donde se ha evidenciado una disminución en las exportaciones de productos textiles de por lo menos 10 millones de dólares, al pasar de 38 millones a 28 millones entre los años 2015

y 2016 ¹. Para el año 2020, el sector tuvo que enfrentar junto a todos los demás sectores la llegada de la pandemia debida al COVID–19, ante esta situación en sector adoptó medidas que le permitieran mantenerse en el mercado, con la fabricación de productos de seguridad ante la emergencia que se vivía por la pandemia².

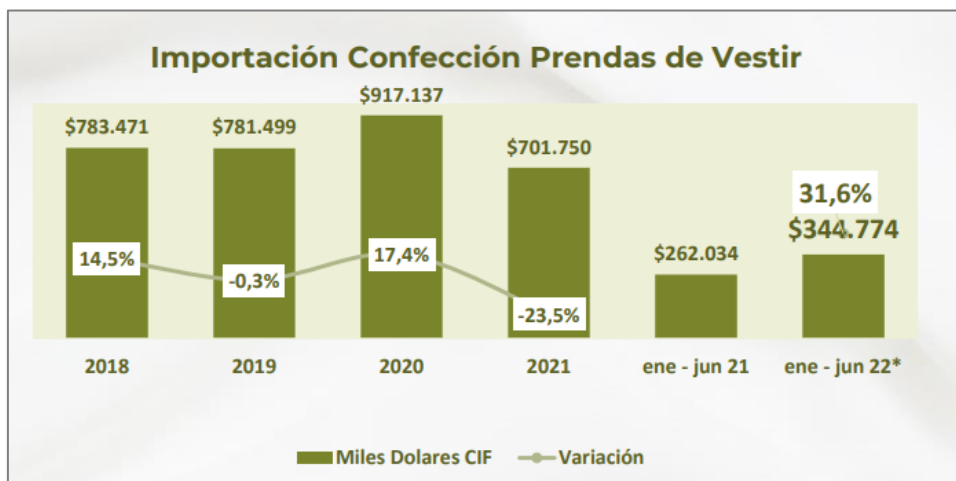


Diagrama 2 Monto de importaciones confección de prendas de vestir 2018- 2022

Diagrama 3. Monto de importaciones confección de prendas de vestir 2018- 2022

Fuente: Observatorio de moda – Inexmoda, 2022

Se pone de manifiesto que el monto total de importaciones de prendas de vestir es muy superior al monto total de exportaciones colombianas, con una diferencia superior a los 276 mil dólares para el 2018 y de 118 mil dólares para el año 2021

¹ Caicedo Manrique, Carlos Eduardo. La realidad del sector textil colombiano. Universidad del Rosario. 2021

² López Amaya, Zully; Prias Barrera, Vivian; Vivas Molina, Hugo. Competitividad del sector textil en Colombia. Universidad Cooperativa. Villavicencio. 2020

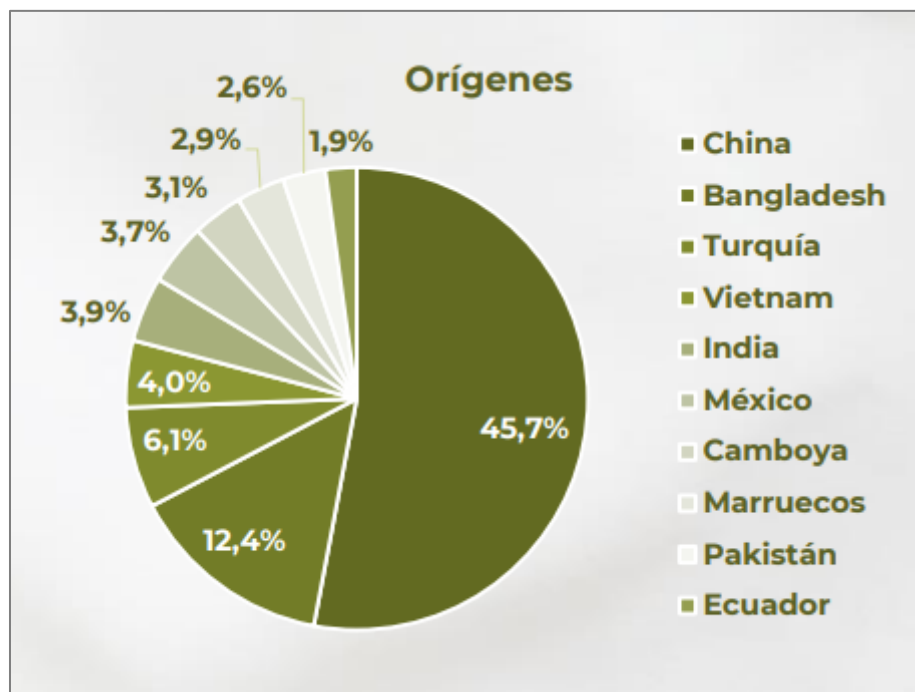
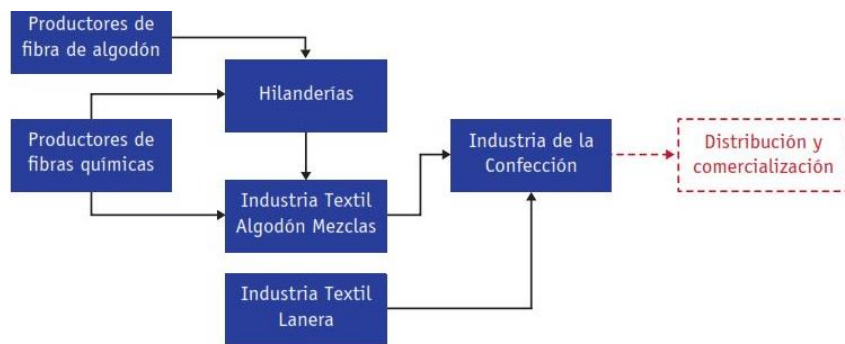


Diagrama 3 Monto de importaciones confección de prendas de vestir 2018- 2022

Fuente: Observatorio de moda – Inexmoda, 2022

En la actualidad, las empresas del sector se encuentran expuestas a situaciones externas a su control que ponen en riesgo la sostenibilidad de estas y les exige trabajar arduamente en la mejora de la productividad y la competitividad empresarial. Factores como el contrabando, del dumping y la piratería, han venido afectando desde hace varios años su desarrollo y por tanto es necesario que asuma algunos retos para fortalecer su capacidad de producción y sus niveles de exportación. Desarrollar nuevos procesos logísticos, reducir los costos de fabricación, incrementar la innovación tecnológica de sus procesos, le permitirán mejorar sus niveles de competitividad.

Al analizar en detalle los procesos propios del sector textil-confección en relación con la fabricación de productos en tejido de punto y de algodón se han identificado un conjunto de subprocesos entre los que se destacan: Hilandería, tejeduría, tintorería, corte de telas, confección de prendas y empaque. Los tres (3) primeros subprocesos generan telas y elásticos, los tres (3) procesos siguientes contienen actividades donde se le agrega valor a las materias primas para convertirlas en productos terminados (Zuluaga-Mazo et al., 2018).



Fuente: (Legis, 2012).

Diagrama 4 Diagrama de procesos de producción del sector textil colombiano

Diagrama 5, Diagrama de procesos de producción del sector textil colombiano.

Fuente: Zuluaga-Mazo, A., Cano-Arenas, J. A., & Montoya-Peláez, M. (2018). Gestión logística en el sector textil-confección en Colombia: retos y oportunidades de mejora para la competitividad. *Clío América*, 12(23), 98–108. <https://doi.org/10.21676/23897848.2621>

El objeto de estudio de este proyecto está en los procesos de la industria de la confección (específicamente en el proceso de corte de telas). Las operaciones que conforman el corte textil están compuestas por tres pasos principales: tendido de telas, corte de trazos y recogido de piezas cortadas. Estas operaciones son comunes a todas las fábricas de confección de productos textiles y se pueden realizar de manera manual o automatizadas. El tendido de telas es una operación en la cual se extienden en una gran mesa capas sucesivas de tela que dependiendo del material pueden oscilar entre 80 y 120 capas, respectivamente.

Cuando el proceso se realiza de manera manual se requieren dos trabajadores ubicados a cada lado de la mesa, una porta rollo y unas tijeras o una cortadora de extremos. Se considera que este tipo de operación está sujeto a errores humanos y requiere una alta cantidad de tiempo. Cuando el proceso de tendido se realiza de manera automatizada, se realiza mediante una máquina de tendido a la cual se le programa el largo del tendido, junto con el número de capas y la máquina se encarga de realizar el tendido de manera autónoma.

El corte de las capas de tela ya tendidas inicia con el aseguramiento de las telas para que no se corran con pesas o prensas y la ubicación encima del tendido de los trazos previamente ploteados, los cuales indican las formas a cortar, indicando los diferentes tamaños. Posteriormente, el cortador procede a cortar cada forma con una cortadora vertical, si el proceso es manual, o con una cortadora laser si el proceso es automático.

El proceso de recogido es el más complejo de todos y consiste en retirar de la estación de corte los bloques cortados organizándolos por tamaño, color y por otras características, de tal manera que queden listos para pasar al proceso de ensamble o confección. Este proceso en las empresas colombianas no se encuentra automatizado.

Partiendo del contexto del sector y de las particularidades del subproceso de corte, se evidencia que existe una oportunidad de mejora que puede repercutir de manera directa en la mejora de la productividad y la competitividad del sector, con la búsqueda de soluciones

que permitan la reducción de costos a partir de mejoras en los procesos productivos de corte.

Sin duda alguna, la innovación tecnológica ha venido abriendo posibilidades de mejora en el proceso de corte, razón por la cual, las operaciones de tendido y de corte se pueden realizar de manera automatizada, y puede evaluarse la posibilidad de extenderse hasta la operación de recogido.

Adicionalmente, en el proceso de corte se presentan inconvenientes a la hora de tomar estándares de tiempo de las operaciones y mencionadas: tendido, corte y recogido. La alta variabilidad del proceso cuando se realiza de manera manual tiene implicaciones en la determinación de tiempos estándar debido a varios aspectos, entre los que se encuentran los siguientes: La cantidad de piezas a cortar son variadas entre corte y corte, el largo de los tendidos cambia, la cantidad de capas a tender, además de las particularidades que se presentan por ser una actividad manual.

Teniendo en cuenta que la determinación de tiempo estándar sirve como criterio para medir el desempeño del proceso, es necesario reducir el error de cálculo para mejorar la medición del comportamiento del proceso de corte y sería necesario encontrar un mecanismo que permita automatizar la toma de las muestras de tiempo para encontrar el valor de tiempo estándar correcto.

Por esa razón, teniendo en cuenta la necesidad de mejorar la productividad en el proceso de corte especialmente en la operación de recogido, de reducir el error en el cálculo de tiempos estándar de cada operación y de automatizar la medición del desempeño del proceso, surge el siguiente interrogante: ¿Cómo automatizar un proceso de clasificación de corte textil y de toma de tiempos con ayuda de Fischertechnik y Arduino?

2. JUSTIFICACIÓN

Desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de corte textil que lo haga más productivo y que adicionalmente, incluya la automatización en la toma de tiempos en el proceso, se convierte en una innovación tecnológica con la posibilidad de ser escalada al plano industrial. Cuando las organizaciones de toda índole logran incrementar la cantidad de productos o servicios fabricados con menor uso de recursos, puede asegurarse que se ha dado un incremento en la productividad laboral. Por tanto, la iniciativa que presenta este proyecto puede impactar de manera positiva en el sector textil confección y específicamente al proceso de corte.

En ese mismo sentido, reducir los tiempos de respuesta en el proceso de corte mejora de manera directa el desempeño del proceso de confección y por tanto se presenta una reducción en los costos de fabricación del proceso, situación que favorece el mejoramiento de la competitividad empresarial y tiene también un impacto positivo en el nivel de servicio que se ofrece a los clientes.

Adicional a esto, como profesional en formación el hecho de desarrollar una propuesta que pueda solucionar un problema específico del sector textil - confección, permite desarrollar habilidades de innovación y de resolución de problemas a partir del uso de herramientas tecnológicas, que abren un nuevo panorama de la profesión.

Cómo futuros ingenieros hay que estar siempre estar actualizados de los nuevos sistemas de automatización en cualquier área de la industria ya que hoy en día cada empresa desea implementar este método con el beneficio de aumentar la productividad, trabajo eficiente, expansión de sus empresas; y como deber y objetivo del ingeniero industrial es cumplir con los requerimientos del cliente.

Para esto, las instalaciones de la Fundación Universitaria Los Libertadores ofrecen en sus laboratorios de Ingeniería dispositivos programables didácticos para que los estudiantes tengan la posibilidad de aprender nuevas formas de poder ingeniar, conocer, armar y programar sistemas que todavía siguen siendo manipulados por la mano de obra (MO) dónde hay posibilidades de automatizar un proceso. Adicional a eso, también existen sistemas de programación como lo es Arduino que son complementarios con otros sistemas de programación como Robopro que incrementa aún más los conocimientos que llevan a aplicaciones industriales por parte de los estudiantes.

El desarrollo del proyecto tiene como propósito realizar un aporte al manejo que dentro de la Fundación Universitaria se les brinda a herramientas tecnológicas para modelar sistemas productivos propios de la Industria 4.0 y que son propiedad de la institución. En este sentido, los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial se benefician al contar con la trazabilidad del desarrollo del presente proyecto, de tal manera que pueda replicarse y adaptarse a diversos sistemas productivos posibles de ser modelados con Fischertechnik y Arduino.

De la misma manera, el desarrollo del proyecto favorece la aplicación de los conocimientos adquiridos en los espacios académicos de automatización y de sistemas integrados de manufactura, así como de Ingeniería de métodos y tiempos.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar una propuesta de automatización en la operación de recogido del proceso de corte, así como de la toma de tiempos de procesos productivos por medio de Fischertechnik y Arduino

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar la revisión documental del uso de Fischertechnik y Arduino para la toma de tiempos en procesos productivos, así como revisión de sistemas automatizados en el proceso de corte en el área de confección textil
- Determinar el modelo de proceso de corte del área de confección teniendo en cuenta las diferentes maquetas que se manejan en FischerTechnik
- Diseñar un mecanismo del proceso de corte automatizado para la toma de tiempos en procesos productivos

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Cada vez crece más el manejo de la automatización en la industria textil ya que desean crecer no solo como expresa, sino también ser conocidos por sus productos, efectividad, eficacia y manejo automatizado de sus plantas de producción.

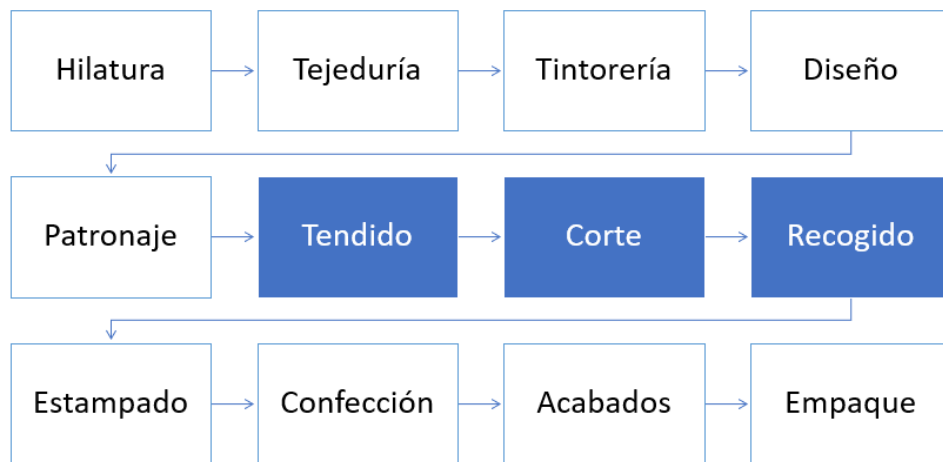


Diagrama 5 Operaciones básicas del sector textil-confección

Fuente: Elaboración propia

4.2 MARCO REFERENCIAL

4.2.1 INDUSTRIA TEXTIL

Abarca la fabricación de telas, hilos, hilazas y productos confeccionados (ensamblados), a partir de fibras textiles naturales que provienen de los cultivos de algodón o de lino y de la ganadería como la lana o el cuero. Igualmente proviene de fibras no textiles sintéticas o artificiales provenientes de la industria del petróleo como el caso del poliéster, la viscosa y el acetato. Esta industria es la segunda más contaminante del mundo después de la industria del petróleo.^{3 4}

4.2.2 INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN

Está compuesta por un conjunto de procesos industriales cuyo objetivo es la obtención de productos de tela ensamblados, que incluye el diseño y patronaje, corte, y ensamble. Estos procesos se realizan a partir de los productos obtenidos en la industria textil y desarrollan las operaciones de corte y ensamble principalmente para la obtención de prendas de vestir, productos para el hogar, para la industria, entre otros. a continuación, se detallan las operaciones que están inmersas en esta industria:

4.3 PROCESO DE DISEÑO Y PATRONAJE:

Este proceso consiste en la obtención de los bosquejos y moldes del producto que se desea producir. El patronaje trabaja basado en las medidas corporales estándar de la población a la cual va destinada la prenda; por tanto, el molde debe ser adaptable al cuerpo. Para obtener estos patrones se pueden hacer le patronaje en papel que sea manejable al momento del trazo de la tela; estos moldes por lo general solo se traza la mitad de las piezas completas, es decir, la mitad de manga, mitad de espalda, mitad de delantero entre otras partes de la prenda sea camisa o pantalón; deben ser simétricos y que todas las piezas encajen. En la actualidad se han desarrollado varias soluciones de software para realizar el proceso de diseño y patronaje con asistencia del computador.

4.3.1 Proceso de Corte:

El proceso de corte está compuesto por tres operaciones principales: tendido, corte y recogido, su propósito esta dado por la preparación de las telas y tejidos previo al ensamble, de tal manera que se aseguren las formas a elaborar.

³ Mans Unidas. Industria textil. Agosto de 2017. www.manosunidas.org

⁴ Herbert, Robin; Plattus, Rebeca. Industrias textiles y de la confección. 2001. Ministerio de trabajo y asuntos sociales: Centro de publicaciones.

4.3.2 Tendido

Esta operación consiste en el extendido de una o más capas de tela sobre una mesa de corte según largo de la tela y el tipo de producto que se vaya a fabricar. El tendido requiere de especial cuidado para evitar afectar la calidad del producto final, con lo que se pueden presentar efectos negativos como: daños en el tejido de la tela, tensión excesiva en unas capas de tela, arrugas, mal tendido de las capas, no detección de defectos de la tela, mala alineación de la tela, entre otros. El tendido de las telas puede realizarse de manera manual, donde dos operarios manipulan la tela y la extienden sobre la mesa capa por capa teniendo especial cuidado de no tensionar irregularmente y de seguir el derecho o reverso de las capas de telas (Carlos Ignacio Gómez Muñoz, 2019). Posteriormente, extienden y aseguran el trazo generalmente ploteado con las figuras que conforman cada producto a confeccionar. Cuando el proceso se realiza de manera automatizada incluye el apoyo de una máquina móvil donde va soportado el rollo de tela y que se desplaza a lo largo de la mesa de tendido, no necesariamente requiere de la asistencia de operarios para esta labor.

Para la realización del tendido, es preciso tener en cuenta, que las telas requieren diferentes formas de preparación dependiendo de la composición y del tipo de tejido entre otros, en la mayoría de los casos las telas deben estar en un estado de reposo, es decir dejar descansar la tela desenrollada con el fin de que estas telas vuelvan al estado original, ya que las telas se encuentran en rollos que contienen muchos metros de tela, lo que genera estiramientos irregulares y pueden quedar apretadas las primeras capas. Este descanso, es recomendable realizarlo en momentos donde el personal no se encuentre laborando y la planta se encuentre sin proceso de producción, para que la tela descanse lo suficiente para su respectivo tendido.

Cabe destacar, que en este proceso se encuentran diferentes métodos o tipos de tendido según se requiera los tendidos o el método que maneje el operario o la máquina. Los tipos de tendido son:

4.3.3 Extendido en un solo sentido

Este proceso básicamente consta en colocar el rollo de tela en la máquina desde un punto inicial, luego empieza el tendido hasta el extremo final de la mesa y se hace el corte de la tela, retrocede la máquina hasta el punto inicial sin tender la capa siguiente, al llegar nuevamente al punto inicial se realiza el nuevo tendido hasta su punto final, completando las suficientes capas según requiera la producción. Para los tendidos manuales se requiere de máximo 3 operarios ya que en este proceso se requiere de mucha precisión al momento de extender la tela.

4.3.4 Tendido en Zig Zag

En este tipo de tendido no se requiere iniciar en un extremo específico de la mesa de tendido. Para esto, se escoge donde será el punto inicial y se empieza a tender cada capa hasta el punto final dependiendo del largo del tendido, luego se prensa la capa retornando al punto inicial, y se repite el mismo proceso la cantidad de veces que requiera la producción para pasar al proceso de corte. Es uno de los métodos que no tiene dificultad de manejo de tela en las máquinas.

De acuerdo con Giraldo, M.E (1990), una descripción del procedimiento detallado para realizar este tipo de tendido corresponde a: “En el extendido manual en zig-zag, se colocan unas barras, de unos 25 a 30cms. de largo unidas a una mordaza de sujeción al principio del extendido, una a cada lado de la mesa y otras dos barras, similares, al final de la marcada”

“El tejido se lleva manualmente hasta las barras finales en donde se coloca sobre él una varilla de un largo mayor que la mesa de corte, apoyada contra las barras finales. Sobre ésta se pliega el tejido y se retrocede estirando una nueva capa hasta las barras iniciales, donde se realiza un nuevo plegado usando una varilla similar a la anterior. De esta forma se va repitiendo el ciclo sacando en cada vuelta la varilla correspondiente al plegado anterior y realizando uno nuevo”.

4.3.5 Tendido Cara Arriba/Abajo

Este método de tendido es parecido al tendido en un solo sentido, sin embargo, el tendido se hace tanto en el punto inicial como en el punto final, es decir, al momento de hacer el tendido desde la parte inicial hasta la parte final de la mesa de corte, se hace el corte de su extremo y se hace un nuevo tendido desde el punto final hasta el punto inicial, y así sucesivamente hasta obtener la cantidad de capas deseadas para un nuevo proceso de corte.

4.3.6 Corte

El corte es una operación del proceso de corte que conlleva un control preciso del movimiento de la cuchilla, lo que exige un adecuado manejo de herramientas y maquinas manuales, semiautomatizadas o automatizadas, así mismo requiere la disponibilidad de operarios capacitados en el manejo de las máquinas de corte manuales y automáticas, en el cambio de cuchillas o mantenimientos, así como de los cuidados que deben tenerse en cuenta para realizar el corte y que dependen directamente de la cantidad de capas que tendido.

La operación de corte consiste en pasar la cuchilla por el contorno de cada una de las piezas trazadas sobre el tendido. El resultado de la operación de corte es la generación de bloques de piezas cortadas en diferentes tallas que conforman cada producto. Además de las piezas cortadas se obtiene retal sobrante del proceso.

Las consecuencias generadas por un mal corte se manifiestan en la asimetría de las piezas, piquetes profundos, manchas de aceite, y ángulos mal definidos.

En el proceso de corte hay que tener en cuenta varios factores que llevan a cabo un corte 100% correcto, uno de esos factores es el tipo de tela, ya que no todas las telas se cortan de la misma manera, cada tela tiene un proceso diferente de corte sea de forma manual, semiautomatizada incluso por medio de máquinas automatizadas, al momento del corte debe tener presente que cada corte debe ser correcto y preciso dependiendo de la figura a moldear que lleva cada prenda, esto ayuda a que no se obtenga desperdicios innecesarios, piezas más cortadas, cantidades incompletas y reprocesos.(Gómez Muñoz, 2019)

El corte de telas se da de tres formas:

1. **Corte manual.** En este caso se prepara el tendido asegurando la tela con alfileres, se inicia el corte de piezas pequeñas y luego se cortan las piezas más grandes.
2. **Corte por presión o troquelado:** En este caso los elementos de la máquina cortadora se presionan contra las fibras del tejido. Este es un sistema poco convencional donde se utiliza una prensa y troqueles que tienen la forma de los patrones a cortar. A pesar de que es un sistema preciso tiene un costo muy elevado, lo que lo hace poco rentable. Se utiliza en el corte de colchones.
3. **Corte Automático:** Este corte se realiza con una cuchilla que maneja coordenadas dadas por un ordenador, en este caso se utilizan operarios de corte solo para tareas de mantenimiento o control. A este tipo de corte se le denomina también corte informatizado, debido a que integra el patronaje, el escalado, el trazado y las coordenadas de corte por medio del computador. El corte automático está compuesto de tres unidades: unidad de control (ordenador), mesa de corte con sistema de succión para comprimir el tendido y cabezal de corte.

Existen diferentes tipos de cabezales de corte, entre los que se destacan: corte con cuchilla, corte láser, corte con chorro de agua y corte por ultrasonido. Para dar soporte al sistema de corte se cuenta con un carro extendedor que permite el movimiento transversal y longitudinal de los sistemas de corte (UBA, 2016).

4.3.7 Recogido

Esta operación también es conocida como operación de loteo o amarre y consiste en la extracción de la mesa de corte de los bloques de piezas cortadas, la organización de los bloques por tallas y por colores, constituyendo un lote que debe coincidir con la cantidad de productos que se programaron para cortar. El propósito que persigue esta operación está en evitar que se mezclen piezas equivocadas en colores y tallas. Generalmente el proceso se realiza de forma manual donde se seleccionan los bloques cortados según trazo y talla y se procede a separarlos por color, luego se juntan todos los bloques de piezas resultantes que conforman un producto, se les coloca una etiqueta de identificación y se procede a amarrarlos para asegurar que continúen el recorrido hacia el proceso de ensamble. En algunas empresas utilizan una máquina sunchadora para el amarre de los paquetes (Gómez Muñoz, 2019).

En la fabricación de colchones este proceso puede realizarse sin amarrar las piezas y utilizando empaquetado en carro que cumplen también la función de transporte, esta forma de recogido permite mantener el orden de las piezas cortadas evitando que se generen errores o marcas a lo largo del proceso de confección.

4.4 FISCHERTECHNIK

Fischertechnik es un sistema progresivo extraordinario de construcción modular, compatible y extensible, inspirada en Educación técnica industrial. El sistema se basa en bloques de construcción básicos que pueden tener diferentes acoplamientos, y estos, operan de diferentes maneras a través de bloques de esquina, piezas estáticas, numerosos componentes electrónicos o control remoto por infrarrojos. Se utiliza en educación para enseñar máquinas simples, así como motorización y mecanización. La compañía también proporciona tecnología de interfaz de computadora que se puede utilizar para enseñar teoría de la automatización y robótica. (blogspot, 2015).

Se considera un sistema de modelado donde las maquetas Fischertechnik están dotados de sensores y actuadores que permiten ajustar el proceso a la realidad, lo que ayuda a una mayor comprensión de los procesos y ese es el mayor aporte a la educación en robótica.

Los fundamentos y conceptos que maneja la mecatrónica como lo son la mecánica, la electrónica, la informática y el control automático, y también encontrado en las diferentes ramas de la ciencia y la física con su entorno enfocado al STEM; los niños, jóvenes estudiantes y docentes pueden desarrollar habilidades de pensamiento como el manejo de herramientas para las etapas de su vida.

El fischertechnik maneja una gran gama de artefactos automatizados y no automatizados separados por categorías dependiendo de la funcionalidad que la persona quiera darle, la edad o categoría de la persona (niños, jóvenes estudiantes sea de colegio o universitario, docentes, profesionales, etc.), estas categorías son:

- **JUGAR:** Esta línea es para todas las edades, manejan 50 variantes; este consta de piezas armables, como una especie de lego donde todas las piezas encajan entre sí, bloque por bloque, contiene un manual extenso fácil de entender, también se puede recurrir a otras cajas fischertechnik.
- **APRENDER:** En esta línea se maneja 40 referencias de productos que contiene bloques de construcción para educación flexible de los docentes hacia sus estudiantes.
- **SIMULAR:** en esta categoría se combina las maquetas ya automatizadas con procesos complejos de forma más realista, se puede usar en muchas formas con modelos ya creados. Se puede encontrar al menos 15 maquetas.
- **PIEZAS:** Esta no se puede denominar categoría, sin embargo, fischertechnik tiene la capacidad de poder distribuir piezas de maquetas individuales, según lo que se requiera el nuevo proyecto, maneja 687 piezas.

Desde la parte de procesos industriales, para poder apreciar más real unos procesos de manufactura, se requiere las maquetas de la categoría de SIMULAR, ya que las maquetas que manejan tienen similitudes en una planta de producción. Dicho anteriormente, en la categoría de Simular se encuentran 15 variantes de productos que fischertechnik maneja, estas constan de dos tablas: la primera tabla es solo de una maqueta, la segunda tabla contiene dos o más combinaciones de procesos.

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCION
Robot de 3 ejes con pinza 9V y 24V		Posiciona mejor las piezas de trabajo con ayuda de sus pinzas
Cinta transportadora 24V		Simula el transporte de las piezas de trabajo
Cinta de clasificación con reconocimiento de color 24V		Reconocimiento y clasificación de las diferentes piezas de trabajo
Almacén elevado automatizado 24V		Almacén y recuperación de piezas de trabajo

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCION
Manipulador de aspiración al vacío 24V		Transporte seguro de piezas de trabajo

Tabla 1 Descripción de maquetas FischerTechnik de un solo proceso

Fuente: Elaboración propia

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCION
Cadena de producción con dos estaciones de mecanizado 24V		Este proceso contiene una estación de fresado y perforación más una cinta transportadora
Multiestación de procesamiento con horno de cocción 24V		Dos estaciones de procesamiento neumático para transferencia segura de piezas de trabajo

Tabla 2 Descripción de maquetas FischerTechnik de dos o más procesos

Fuente: Elaboración propia

4.5 ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es una técnica implementada para mediciones de trabajo con el fin de registrar los tiempos de trabajos y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea dada, esta técnica da apoyo en el análisis de los datos y así calcular el tiempo requerido para efectuar las tareas con el modo establecido, esto ayuda a establecer medidas de tiempos de rendimiento para la ejecución de una tarea. (Cruelles, 2013).

Estos estudios de tiempos ayudan a determinar los tiempos estándares de la ejecución del trabajo con ayuda de instrumentos de trabajo como cronómetros el cual realizan una observación detallada a un operario con grandes capacidades de trabajo realizar su trabajo ejecutado bajo unas normas establecidas de ejecución previamente definidas.

4.5.1 PROCEDIMIENTOS SISTEMÁTICOS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

Para la realización del estudio, hay que tener en cuenta el por qué se debe realizar, cuáles son sus objetivos para cumplir, que quieren mejorar; y dar una explicación clara y precisa de las etapas a implementar en este estudio a cada uno de los operarios dejando en claro cada duda que todos los operarios que conforman la planta o sitio de trabajo tengan acerca del estudio.

Estas etapas de trabajo constan de:

1. **SELECCION DE TRABAJO:** se debe seleccionar el trabajo o procesos que se va a estudiar.
2. **REGISTRO DE INFORMACION:** lo visto en el estudio se realiza un registro se hace un desglose de las observaciones vistas en el estudio.
3. **EXAMINAR LA TAREA:** Análisis de los datos registrados y se establece un hito tanto de inicio como de final de los elementos u operario a medir.
4. **CRONOMETRJE Y MEDICION:** Con este método se realiza las mediciones de las tareas a realizar.
5. **COMPILAR Y DEFINIR:** Todas las operaciones se agrupan en el estudio de métodos y tiempos y se hace la aplicación de suplementos, frecuencia les, entre otros para obtener los tiempos estándar de la tarea

4.6 METODOS GENERALES PARA MEDIR TIEMPO ESTANDAR

Es importante que para estos estudios de tiempos debe tener las herramientas adecuadas dependiendo de la magnitud del estudio y la durabilidad de este, a parte de las herramientas de medición se debe tener herramientas adicionales como calculadoras para cálculos de tiempos, instrumentos de medición dependiendo del proceso a llevar.

Para los estudios de tiempos se implementan las siguientes herramientas

1. cronometraje
2. Documentación

4.6.1 CRONOMETRAJE

Esta práctica consiste en la toma de tiempo a través de un cronometro en cada operación de la producción con el fin de dar corrección al proceso que se les está dando en el proceso de producción. Para este caso se debe hacer medición a varias personas realizando la misma tarea durante los procesos y empezar a tomar las diferentes mediciones en distintas horas de trabajo de esta forma se puede abarcar todas las posibilidades que puede ofrecer las operaciones. cada área de trabajo estará con un tiempo determinado antes de comenzar el estudio de tiempos, el muestreo de tiempos tomados se realiza un análisis encontrando a la final el tiempo normal de ejecución de la operación

VENTAJAS

- Este método mide directamente el tiempo que el operario realiza sus labores
- El observador puede visualizar de principio a fin todo el proceso de producción
- Da valores reales de en el momento de la toma de tiempos psis los elementos proporcionados en la MQ
- Fácil de usar y explicar

DESVENTAJAS

- Requiere la calificación de la actividad del trabajador
- Puede haber falencias en la toma de los tiempos
- Basa el estándar en el sesgo de un analista que estudia a un trabajador que usa un solo método

4.7 ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basado en Hardware y Software fácil de usar. Las placas de Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlo en una salida; activa un motor, encender un LED, publicar algo en línea.

Esta plataforma tiene la capacidad de indicar a la placa que actividades realizar enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en la placa, para ello se utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el software Arduino (IDE) basado en processing. (Arduino, 2022). Arduino maneja placas electrónicas llamadas placa de circuito impreso (PCB (Printed Circuit Board)), estas placas son superficies planas no conductoras ya que contiene capas de material conductor. Este tipo de placas son compactas para la realización de circuitos electrónicos y tienen un diseño de circuitos internos determinado.

Arduino fue creado en el Instituto de Diseño de Interacción Iyoca, con el fin de obtener una herramienta fácil de usar para estudiantes de electrónica que empiezan a tener interés y conocimiento por la electrónica; al ser un sistema fácil de usar permite realizar prototipos sencillos e innovadores. Al tener buena aceptación en la comunidad ha empezado a

aplicarse desde una placa de 8 Bits hasta placas para aplicación de IoT (Internet of things), Weables, impresos 3D y entornos integrados. A continuación, se describen algunas características del dispositivo Arduino.

4.7.1 PLACA DE ARDUINO

Esta placa consta de las siguientes partes:

- **Conector de alimentación:** Sirve para alimentar la placa de Arduino cuando no está conectado al puerto USB, tiene tensión entre 7 y 12V.
- **Puerto USB:** Puerto de alimentación y carga de los programas de Arduino para su comunicación con el programa.
- **Botón Reset:** Puesta a 0 el microcontrolador ATmega.
- **Led's TX Y RX:** Estos diodos LED'S indican cuando hay comunicación entre el Arduino y ordenador.
- **Pin digital:** Estos pines usan con los códigos digitalWrite() y analogWrite()
- **Pin 13 Led:** Único componente que actúa como salida incorporada en el Arduino Uno, se utiliza cuando se ejecuta el primer programa, apto para depuración.
- **Atmega microcontrolador:** Corazón de la placa Arduino.
- **Led de encendido:** Indica que el LED está en funcionamiento y alimentado.
- **Pines GND Y 5V.** Estos pines proporcionan una tensión de +/- 5V y masa proporcional externo a la placa.
- **Entradas analógicas:** Estos pines se usa con el código analogRead ().

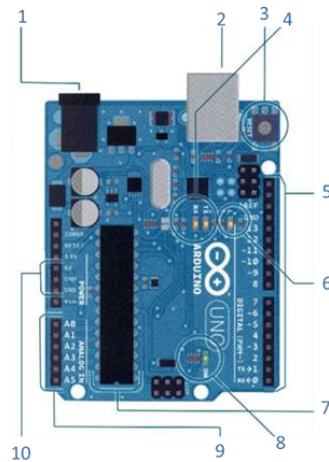


Imagen 1 Placa de Arduino

4.7.2 Microcontrolador

El microcontrolador que maneja la placa de Arduino Uno es un modelo denominado ATmega328P de marca ATmel. El significado de la denominación P de la final del nombre del modelo significa que tiene incorporado tecnología Picopower permitiendo un consumo eléctrico ligeramente menor al modelo ATmega 328 sin la denominación P.

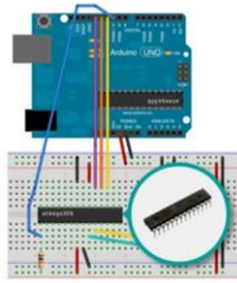


Imagen 2 Placa ATmega 328P

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se determina ciertas etapas tanto de investigación, es decir revisión bibliográfica, documentos relacionados al tema del proyecto, como revisión bibliográfica de los diferentes dispositivos a manejar tanto para FischerTechnik como Arduino para así poder plantear desde un comienzo cada uno de los pasos a manejar durante el proyecto,

1. **Fase de búsqueda de información.** En esta parte se realiza una revisión bibliográfica, tesis, proyectos de empresas donde se evidencie los cambios que se estas generan en la industria textil, maquinas semi y automatizadas. A parte de eso búsqueda de información en el manejo y construcción de los dispositivos de FischerTechnik, manejo y programación del Hardware RoboPro, manejo de Arduino y placas y programación.
2. **Fase de reconocimiento y manejo de dispositivos (Software / hardware).** En esta fase se hace la interacción entre software y hardware de FischerTechik a través de construcción de dispositivos y actividades en el manejo de dispositivos y software de FischerTechik
3. **Fase de diseño, construcción de dispositivos nuevos y diagramas de flujo.** En esta fase se hace el diseño de los diferentes procesos de producción textil, luego se realiza la construcción de los dispositivos que se requiere con sus diferentes componentes (sensores, motores, conexión y programación), la modificación de dispositivos, creación de los diagramas de flujos en el programa de RoboPro.
4. **Fase de prueba y modificación.** En esta fase se realizan pruebas de manejo de dispositivos con sus respectivos diagramas de flujo y conexiones, adicionalmente las respectivas correcciones en la parte de programación sino también en la estructura de los dispositivos armados, es decir colocar o eliminar.
5. **Fase de montaje, integración y pruebas.** En esta fase se hace el respectivo montaje del Arduino a los montajes de la placa de Arduino que complemente con FischerTechnik, con sus respectivos códigos, a su vez realizar las pruebas y sus respectivas modificaciones

6. DESARROLLO Y RESULTADOS

El proyecto comienza en las distintas fases nombradas de la siguiente manera:

6.1 FASE DE BUSQUEDA DE INFORMACIÓN

Esta fase comienza con la búsqueda bibliográfica a través de tesis, artículos, trabajos de grado, dónde se evidencia como ha avanzado la industria textil en diferentes empresas no solo en el país, sino también en otros dónde se vea reflejado los avances que han tenido y que mejoras desean implementar.

Esta investigación tiene como objetivo conocer más el desarrollo desde el principio y si constante evolución desde la parte manual es decir el manejo de la mano de obra, su recorrido, los propósitos de cambio y mejoras de sus procesos, manejo correcto de materia prima (MP), insumos, distribución de actividades por parte de la mano de obra (MO), entre otros aspectos, hasta lo que es hoy en día que es el manejo de sistemas automatizados y mejoras del sistema de producción.

Para el desarrollo bibliográfico se realiza una tabla comparativa de las búsquedas bibliográficas con referencia en los 3 primeros procesos de producción las cuales son: tendido, corte y recogido teniendo en cuenta que el objetivo de esta búsqueda es revisar en estos tres procesos se han realizado automatización completa, semi automatizados o siguen realizando sus procesos con ayuda de la MO.

En la siguiente tabla se observa la descripción de los tres subprocesos que hacen parte del proceso de corte de telas en la industria de la confección en diferentes empresas, se encuentra que hay procesos que funcionan de manera automatizada, pero también se evidencia que de las tres operaciones que componen el proceso de corte textil: son tendido, corte y recogido no están automatizados totalmente, como en el caso del recogido que sigue siendo manual, debido a, que aún no se ha encontrado una forma automatizada que ayude con este proceso de recolección, clasificación y organización de las piezas cortadas para su debido envío al proceso de confección.

TENDIDO	CORTE	RECOGIDO	FUENTE
- Máquinas tendedora con rollo de tela se desplaza sobre la mesa con el fin de tender las capas. Máquinas tendedora con sistema de alimentación móvil- Camión esparcidor de tela - Sistema de alimentación de tela - Corte automático- Sistema codificador - Receptor final- Panel de control	Corte automático- Sistema codificador - Receptor final- Panel de control Utiliza sistema de control automatizado de control numérico CNC y herramientas de apoyo y codificación. Una vez realizado el diseño se realiza el corte con cortadora de tela automatizada	Una vez hecho el corte se coloca etiquetas RFID y movilizado por medio de bandas transportadoras Seleccionando el destino de cada pieza según proceso	(Ortiz & Mahecha, 2021)
Tendido manual	Mencionan el uso de dispositivos de manipulación robótica reconfigurable como la mesa de corte con descarga automatiza	Sistema de transporte inteligente, también usan dispositivos robóticos para manipulación automatizada de piezas de tela cortadas con recoger y entrega al sistema de transporte y automatizado para transferirá a la siguiente etapa	(Choubey and Agrawal, 2016)
Anteriormente el tendido se manejaba manual, sin embargo, empezaron a automatizar su sistema de tendido a través de máquinas automatizadas con el fin de tender la primera capa de tela	Se usa sistema de corte a laser útil para cortes limpios y precisos controlado por un sistema de cómputo adecuado para un corte de múltiples capas del material textil pesado	El recogido de las piezas cortadas se realiza con ayuda de MO (Mano de Obra) para su traslado al siguiente proceso	(Jindal & Kaur, 2021)

TENDIDO	CORTE	RECOGIDO	FUENTE
desde su punto inicial hasta su punto final, hasta ese punto se hace un corte para tener una nueva capa hasta completar las capas necesarias según producción			
El tendido se realiza de forma semiautomática con ayuda de un operario	Después de un tendido de tela se coloca las piezas o moldes plateados trazan la figura y se hace el corte con cortadora de giro manejada por un operario	Se realiza la recolección de las piezas y separados según referencia, recogido manual	(Betancur & Valencia, 2014)
En este caso se hace tendido manual con ayuda de varios operarios con el fin de realizar un buen tendido con ciertas cantidades de tela con cortes de extremos para nuevo tendido	Una vez tendido la tela se coloca las piezas o moldes, realizan el trazo de la figura y cortado con cortadora vertical manejada por operarios	Se hace etiquetado y revisión para su respectiva recolección y traslado a su siguiente proceso, se hace de manera manual	(Gómez, 2019)
El tendido se realiza con anterioridad para el descanso de la tela con una asignación dependiendo de la meta diaria se define la cantidad de capas de telas para su tendido	Se realiza corte con ayuda de cortadoras verticales y manipuladas por operarios	Recogido manual	(Carranza Cordova, 2016)
Se realiza la movilización del rollo manual o	En este proceso de corte se van diferentes maneras	Se colocan en paquetes llevados manualmente	(Sebasti, 2019)

TENDIDO	CORTE	RECOGIDO	FUENTE
transportado a zonas de corte, tendido manual	ya sea corte manual, semi automatizada, presión a o troquelado	o en transporte a su siguiente proceso	
Sin información	Se realiza el corte de las diferentes partes de la prenda con ayuda de 3 operarios ya que deben optimizar los espacios de corte, al ser tela de paño se realiza corte manual con ayuda de tijeras	Forma manual	(Paez Yupanqui, 2017)
Para el proceso del tendido, el personal de planeamiento y control de operaciones realiza el planeamiento para calcular la cantidad de paños que deben tender, este proceso se hace manual	El proceso de corte se hace una vez puesto y trazado los moldes en los paños, corte con cortadora con ayuda de operarios	Recogido y recepción de piezas para proceso de control de calidad y movilizado a siguiente proceso	(Pérez L, 2021)
En este caso, se usa dos tipos de mesa, una para tendido de lycra manual, y la otra para tendido y corte de tela tubular y su tendido se hace con ayuda de una maquina entendedora	Según proceso de corte de las os mesas, hacen usas de cortadoras verticales que pueden servir para cortes rectilíneos como cortes no rectilíneos	Desoques de terminar el corte, proceden a llevar cada pieza a su siguiente proceso de forma manual	(V. Aristizabal; M. Yepes, 2015)
Este proceso lo realizan en una universidad donde comienzan los tendidos de forma	En este proceso los estudiantes hacen los cortes por medio de tijeras o	Se realizan proceso de calificación y separación de piezas para ir llevados a su respectivo	(Aucancela Carpio, 2014)

TENDIDO	CORTE	RECOGIDO	FUENTE
manual por los mismos estudiantes	cortadoras circulares	proceso de confección de una forma manual	
El tendido se puede realizar con ayuda de un carro tendedor o simplemente manual dependiendo de la cantidad de capas a tender, teniendo en cuenta los ítems de tendido como lo es el reposo de la tela, el no generar tensión de la tela y limpieza de la mesa de trabajo	Para este paso se implementa diferentes herramientas de corte las cuales son: Cortadora circular o vertical MQ laser Tijeras (método manual)	Para el último paso se realiza marcación de las piezas a través de un tiquete indicando información de horas y fecha de corte para separación de lote	(Lafayette, 2020)
El tendido se realiza de forma manual	El mismo operario de tendido hace trazado de moldes en la tela y corte, uso de cortadora vertical	En esta parte se realiza la respectiva inspección y separación de las piezas con el fin de clasificar cada una de las piezas según proceso	(Bayona Pérez and Contreras Beltrán, 2018)
Antes del tendido, se debe hacer un proceso de reposo de la tela, se extiende la cantidad suficiente o necesaria con el fin de que la tela vuelva a su estado normal y así poder ser tendida, este proceso se hace de una manera manual	Después del tendido se tiene el plotter con los moldes y se hace el corte con cortadora vertical con ayuda de los operarios	Se traslada a las piezas para el proceso de rotulado	(Torruco Báez, 2018)
Este proceso solo lo hace un solo operario teniendo en cuenta que la capa que queda encima debe	Este proceso lo realiza un operario con cortadora vertical	Se hace la respectiva separación de las piezas y etiquetadas para conocimiento del proceso siguiente	(Checa Loayza, 2014)

TENDIDO	CORTE	RECOGIDO	FUENTE
ser una tela clara para ser trazada			

Tabla 3 Descripción de procesos textil manual, automatizado y semiautomatizado

De la revisión documental realizada se evidencia que en 14 trabajos que describen el proceso de corte textil predomina el trabajo manual, puesto que tan solo en 5 documentos se menciona la realización de alguna de las tres operaciones de manera automatizada. La operación que se tiene automatizada con mayor frecuencia es el tendido, por medio del uso de máquinas extendedoras automáticas. Una situación similar se presenta con la operación de corte donde tan solo cinco procesos han implementado el corte automático y en una de ellas se especifica que es corte laser. Para el caso del recogido se encuentra que tan solo en dos procesos se realiza esta operación de manera automática, a partir del uso de bandas transportadoras o del uso de robots. aún se realiza de manera manual el proceso de corte, especialmente las operaciones de recogido de los bloques cortados.

Como se puede notar en esta tabla, hay procesos tanto en tendido, corte y recogido que tienen sus diferentes técnicas en el proceso de producción, sin embargo, se puede evidenciar que hay procesos que siguen siendo parte de mi mano de obra sobre todo en el proceso de recogido, ya que en este sistema no hay evidencia de que ya se encuentra automatizado o estén en proceso de hacerlo para el futuro.

Una vez identificado el problema o proceso para realizar la automatización se pasa a la siguiente fase

6.2 FASE DE RECONOCIMIENTO Y MANEJO DE DISPOSITIVOS (SOFTWARE/HARDWARE)

Para esta fase se realiza el reconocimiento de los dispositivos que la institución ofrece en los laboratorios de la facultad de ingeniería y ciencias básicas, para eso se hace una capacitación sobre el software Robopro junto con el Hardware con el fin de entender como es el manejo de cada uno de sus dispositivos. El sistema modular de Fischertechnik está compuesto por un conjunto de bloques para ensamblar, además de un conjunto de actuadores y sensores. Los actuadores son elementos que le indican al sistema que acción deben ejecutar cuando están conectados a la corriente eléctrica. Los actuadores de los que dispone fischertechnik son: motores codificadores para permitir el movimiento de los dispositivos, motores XS, que permiten el movimiento giratorio, bombillas, que iluminan partes del proceso. De otra parte, se tiene los sensores cuya función radica en medir el estado del sistema para que los actuadores se activen y generen una respuesta. Entre los sensores que contiene el sistema modular están los fototransistores, los sensores infrarrojos, los pulsadores o sensores de contacto y en algunos casos sensores de temperatura. **CITA MANUAL DE PROBOPRO**

6.2.1 HARDWARE

En este proceso comienza con realizar la construcción del dispositivo llamado pinza oscilante 2 ejes 9V, este dispositivo se realiza el debido desarmado ya que se encontró piezas con mal funcionamiento, se aprovecha ese momento para aprender y conocer más el armado con ayuda de los manuales, para cada dispositivo.



Imagen 3 Construcción de pinza oscilante

El manual contiene las cantidades requeridas incluyendo las instrucciones de 4 diferentes dispositivos los cuales se puede escoger dependiendo del uso que requieren para cada simulación, gracias a ello, se puede observar cómo debe ir construido, piezas a armar y más conexiones que debe ir del dispositivo al Robo TX Controller.

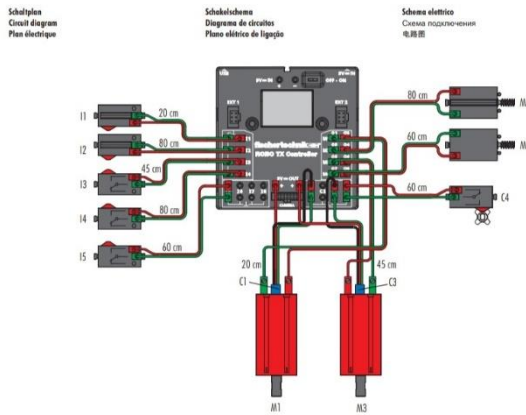
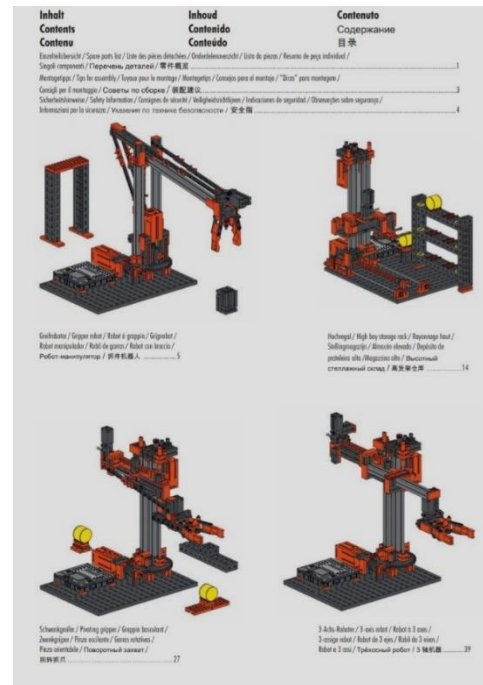


Imagen 4 diagrama de conexiones de componentes al TX CONTROLLER



Una vez armado el dispositivo correctamente se vera de la siguiente manera:

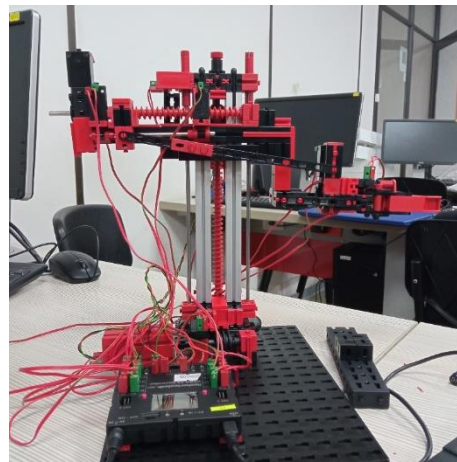


Imagen 5 Brazo pinza oscilante 2 ejes 9V

6.2.2 SOFTWARE

El sistema modular Fischertechnik incluye un software de origen alemán compatible con plataforma Windows. Este software es una superficie gráfica de programación cuyo propósito consiste en crear programas para el funcionamiento de los dispositivos robóticos conectados por un puerto USB, a partir de diagramas de flujo. El dispositivo de conexión

del software con el modelo de hardware se da por medio de la Robo-interface que se conecta al ordenador mediante un puerto USB o a un puerto de serie de COM1 a COM 4. Con el dispositivo armado se realizan las siguientes pruebas para determinar que el dispositivo se encuentre funcionando correctamente antes de continuar con el manejo de diagramas de flujo para programar la pinza.

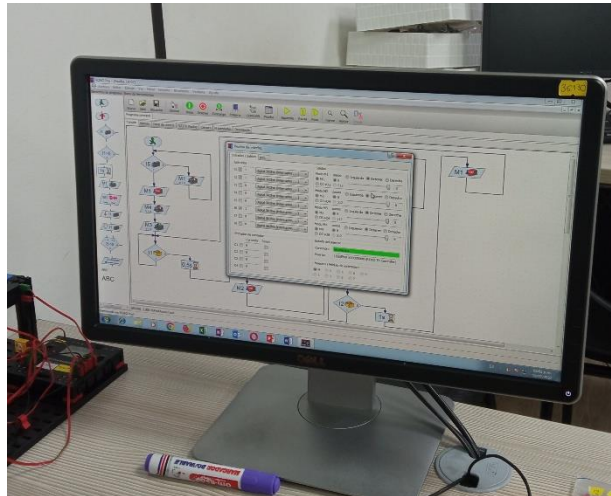
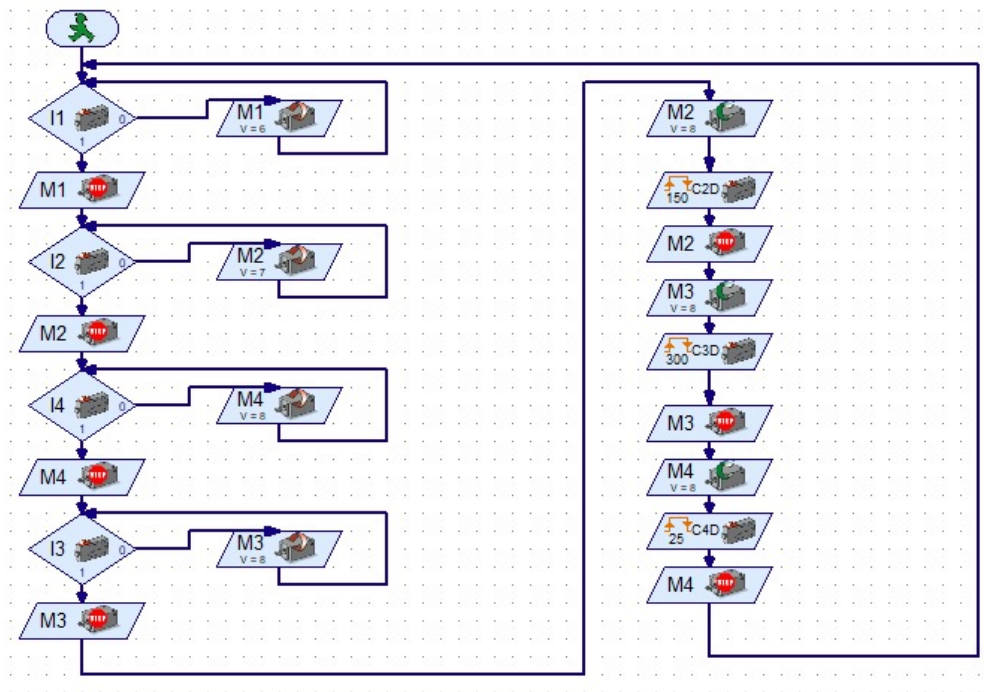


Imagen 6 Programa Robopro

Se debe identificar las asignaciones tanto de las entradas como la salida al momento de realizar las pruebas correspondientes entre el dispositivo y el TX Controller, esto básicamente ayuda a realizar las debidas configuraciones en el diagrama de flujo de programación.

Después de identificar tanto entradas como salidas, se realiza la programación del brazo dependiendo del funcionamiento que desea darle, el diagrama queda de la siguiente manera.



Una vez dominado y entendido el software, el funcionamiento, la estructura de cada uno de los componentes que conlleva el diagrama de flujo; se realiza un nuevo diagrama de flujo con el dispositivo con el nombre de CENTRO NEUMATICO DE PROCESAMIENTO, este dispositivo lleva los siguientes componentes mostrados en la siguiente imagen, este dispositivo realiza la simulación de un sistema neumático donde se maneja tanto un sistema de troquelado como un sistema de bandas

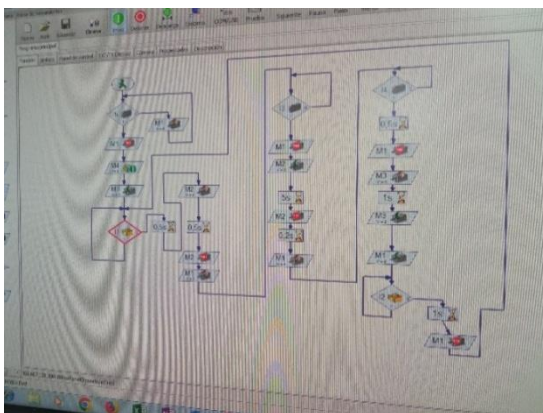


Imagen 7 Diagrama de flujo de centro neumático

23572 35410	Centro Neumatico de Procesamiento
	01- Fototransistor Magazine I1
	02- Fototransistor Magazine I2
	03- Pulsador presionable rojo I3
	04- Pulsador de la estacion giratoria rojo I4
	05- Pulsador de la placa movable rojo I5
	06- Pulsador Star/Stop rojo en la base I6
	07- Motor placa movable O1
	08- Motor de la banda transporador O2
	09- Cilindros Magazine O3
	10- Presionador de cilindros O4
	11- Cilindro de moviento hacia adentro O5
	12- Cilindro de movimiento hacia afuera O6
	13- Compresor azul O7
	14- Barrera para fototrasistor O8
	15- RotoTX Controller
	16- Manguera azul con tres division - 5 adaptadores blancos
	17- Manguera corta- 1 adaptador negro
	18- Mangueras largas de los cilindros actuadores - 6 apadtadores negros
	19- Electrovalvulas azul
	20- Pieza movable roja de pulsador Star/stop rojo
	21- kit - Manual- Cable USB- bus de datos- adaptador- (2) hoja guia/

Imagen 8 ficha técnica centro neumatzado

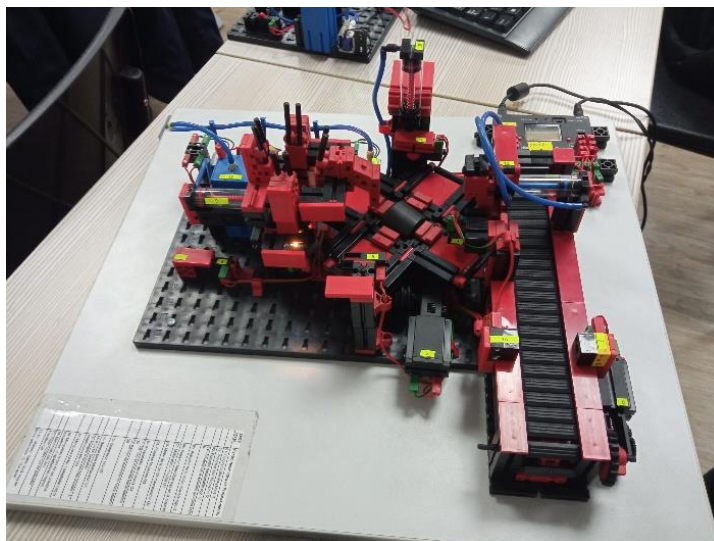


Imagen 9 Prototipo centro neumatzado de procesamiento

Para poder practicar tanto software como hardware se hace el funcionamiento del brazo 3 ejes, a diferencia de la pinza oscilante, este tiene ejes tanto X, Y, y Z, para este ejercicio se debe utilizar todos los componentes del dispositivo.

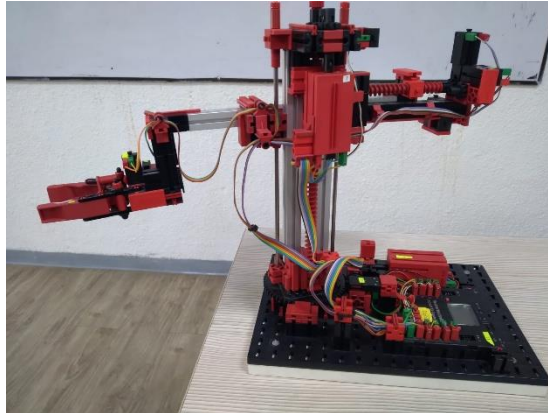


Imagen 10 pinza brazo 3 ejes 9V

Ya dominado esta fase de reconocimiento y manejo se procede a continuar a la siguiente fase.

6.3 FASE DE DISEÑO, CONSTRUCCION DE DISPOSITIVOS NUEVOS Y DIAGRAMAS DE FLUJO

6.3.1 SISTEMA DE TENDIDO

Antes de llegar a esta fase es importante haber realizado la primera fase es que investigar cómo han sido los nuevos procesos de manufactura textil, las maquinas automatizadas que han usado cada empresa sea grande o pequeña y las que se puedan encontrar en distribuidoras para su venta. Una vez hecha esa investigación, se revisa las piezas existentes en el inventario para saber con qué se puede contar y que dispositivo se puede armar,

Luego de hacer la revisión, se hace el diseño de la primera parte del sistema de manufactura textil la cual consta en realizar un modelo del tendido de tela, donde se puede ver el movimiento longitudinal de ida y vuelta para el extendido del rollo de tela, aplicando sensores donde se pueda detectar el movimiento tanto de ida como de vuelta del sistema

de tendido, adicionalmente la mesa tendrá un sistema de banda transportadora con el fin de que una vez termine el proceso de tendido pueda moverse a su siguiente proceso.

En esta primera parte se realiza la elaboración de la banda transportadora con el fin de ser el soporte de las columnas del sistema de tendido, y ser la mesa movable, hay que tener en cuenta que la banda transportadora no tiene manuales para armarlos, así que se toman como referencia los manuales de las orugas, ya que estos tienen un sistema similar para el armado de la banda, en relación con las piezas requeridas. Adicional a esto, se integra un dispositivo de sistema neumático ya que esto facilita el armado de la estructura para la base de la banda, la posición del motor y las conexiones. Esto se puede apreciar en la siguiente imagen

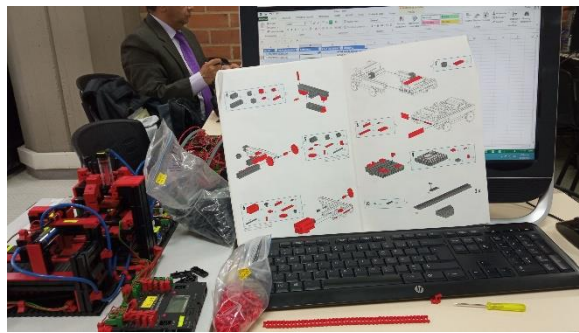


Imagen 11 Construcción de banda transportadora

A medida que se realizaba la construcción de cada una de las bandas para estructurar la operación de tendido, se identificó la necesidad de incluir más fichas de ensamble. Se procedió entonces, a realizar el armado de dos bandas para el modelamiento de la mesa de tendido, de tal forma se asegure buen soporte tanto para la banda como el sistema porta rollo.



Imagen 12 Construcción de banda transportadora

Se incluyó un motor por cada extremo de las bandas para dar movimiento. Cada motor integró una caja de engranajes pequeños junto con un engranaje más grande para dar movilidad a las bandas, esto se ubicó en una esquina externa de la banda, la esquina interior incluyó un engranaje pequeño en el centro de la banda para continuar el movimiento.

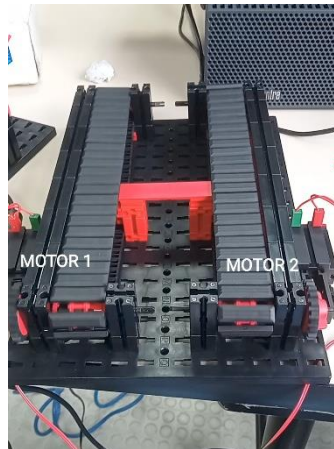


Imagen 13 Implementación de motores a bandas transportadoras

A pesar de la necesidad de incluir más fichas de ensamble y teniendo en cuenta que el inventario era limitado, se encontró la necesidad de retirar uno de los motores e implementar solo un motor quitando los engranajes de las esquinas de las bandas y con la configuración de tal manera que el motor único, logro mover simultáneamente las dos bandas, el resultado entonces fue favorable y se obtuvo el siguiente prototipo:



Imagen 14 Modificaciones de mecanismo en banda transportadora

En seguida, se procedió al armado de la estructura porta rollo para el extendido de la tela, en donde se colocaron en cada banda dos columnas integradas con un tornillo sin fin para modelar el extendido de la tela; este sistema fue pensado inicialmente con una

configuración similar a una pinza oscilante. Con el propósito de extender y contraer el brazo de tendido para modelar su funcionamiento, se colocaron dos motores con una caja de engranaje en la parte superior de las columnas iniciales, tal como se presenta a continuación.



Imagen 15 construcción de columnas sistema de tendido

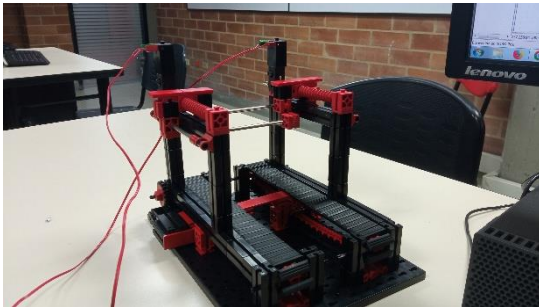


Imagen 16 Implementación de motores para sistema de tendido

Adicionalmente, se identificó que la mesa de tendido modelada a partir de dos bandas transportadoras con medida de ancho pequeño y se decidió entonces ampliar la distancia entre las bandas para asegurar el ancho de la mesa de tendido suficiente.

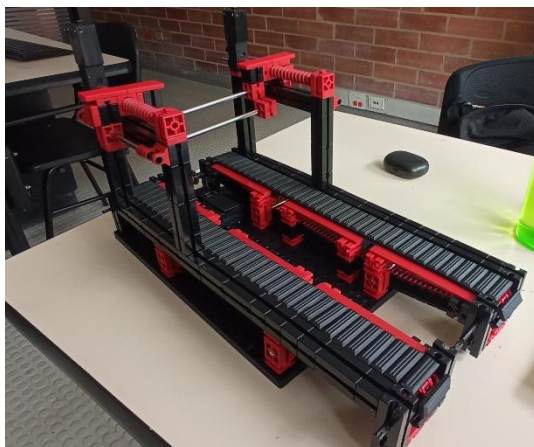


Imagen 17 Sistema de tendido.

Hay que tener presente que el sistema de tendido a modelar es en zigzag, es decir que debe ir tanto de ida como de vuelta, sin la necesidad de que el operario se encuentre operando en ida y vuelta. Para este caso se emplearon sensores de luminosidad con el fin de detectar el movimiento tanto de ida como de vuelta según la cantidad de veces que se haga la programación. Estos sensores fueron puestos en la parte inicial y la parte final del tendido.



Imagen 18 Implementación de sensor de luminosidad en sistema de tendido

A continuación, se presenta la estructura final de sistema de tendido de telas:

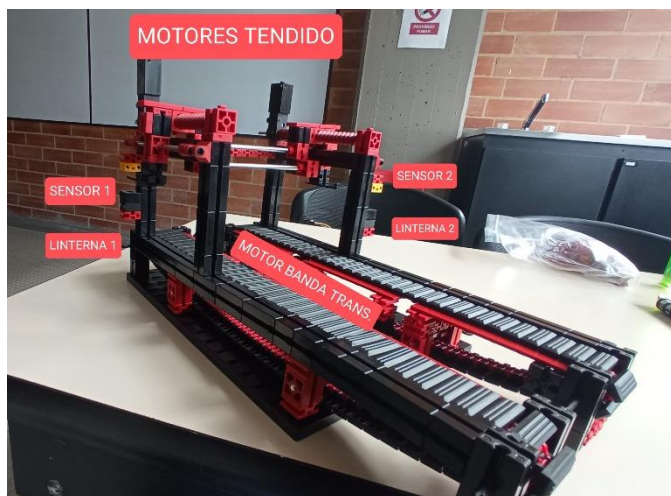


Imagen 19 Sistema de tendido finalizado

6.3.2 CONEXION A TX CONTROLLER Y DIAGRAMA DE FLUJO

Con el fin de asegurar el funcionamiento autónomo de los componentes de los prototipos, se realizó la configuración de las conexiones existentes entre el dispositivo (prototipo) y el TX CONTROLLER. Para lograrlo se desarrolló la programación mediante diagramas de flujo. A continuación, se presenta un ejemplo de las conexiones realizadas.

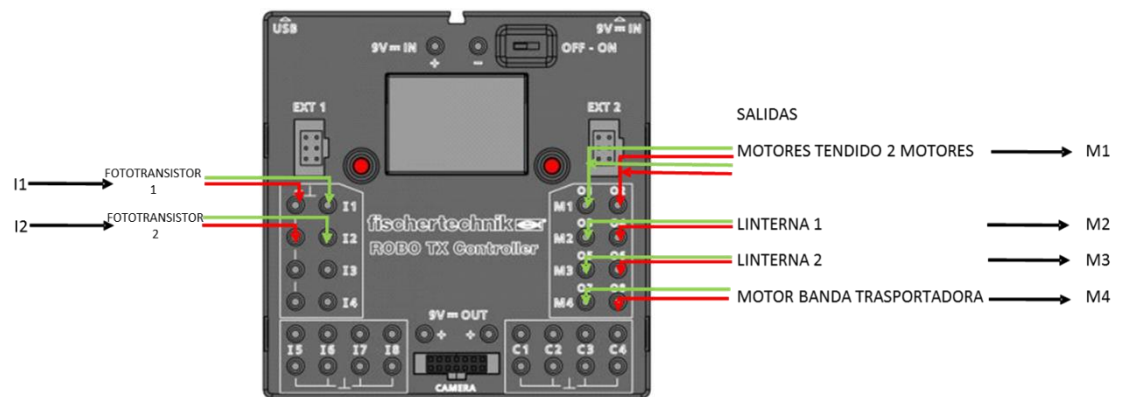


Imagen 20. Diagrama de conexión sistema de tendido al TX CONTROLLER

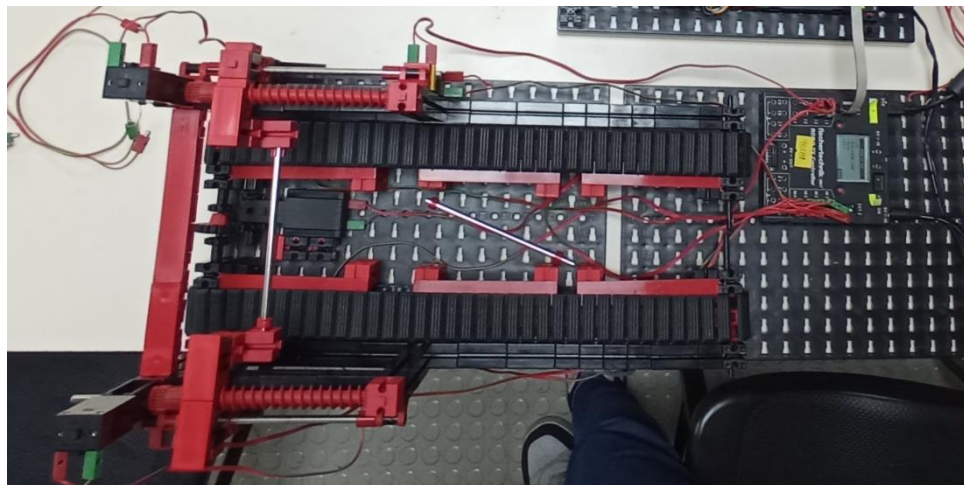


Imagen 21 Sistema de tendido vista frontal

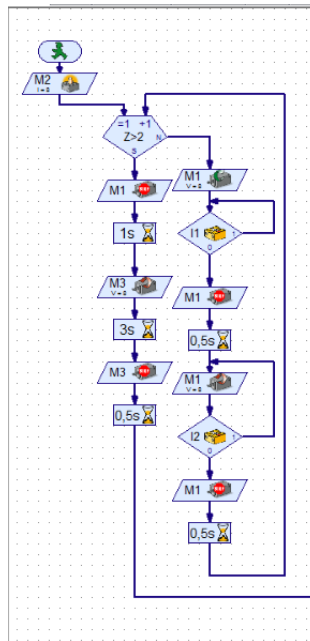


Imagen 22 Diagrama de procesos sistema de tendido

6.3.3 SISTEMA DE CORTE

Para este proceso se debe llevar a cabo una investigación de como son los procesos de corte de sistema de manufactura textil luego de haber terminado el proceso anterior que es el de tendido, básicamente este sistema se puede manejar tanto automatiza o semiautomática dependiendo del proceso o de las formas de trabajo de cada una de las empresas, al momento de manejar el sistema automatizado, se emplea un sistema de hardware donde suben digitalizado los moldes que requieren, adicional a eso, para no tener un desperdicio de tela se acomodan lo más compacto y menos espacios sobrantes posibles, una vez hecho esto, se procede a realizar el corte



Imagen 23 Máquina de corte automatizado con corte a laser

En este proceso no se va a realizar un nuevo armado de dispositivo, para esto se emplea el dispositivo de brazo de 3 ejes con el fin de simular el sistema de corte al igual que simular los movimientos de la máquina de corte. La ventaja de este dispositivo es que tiene ejes tanto X, Y como Z lo que facilita mejor el movimiento de brazo, hay que aclarar que este dispositivo no va a realizar ninguna modificación estructural ya que estos vienen armados y son de uso didáctico, lo único que se va a realizar es el diagrama de flujo simulando el sistema de corte una vez terminado el proceso anterior

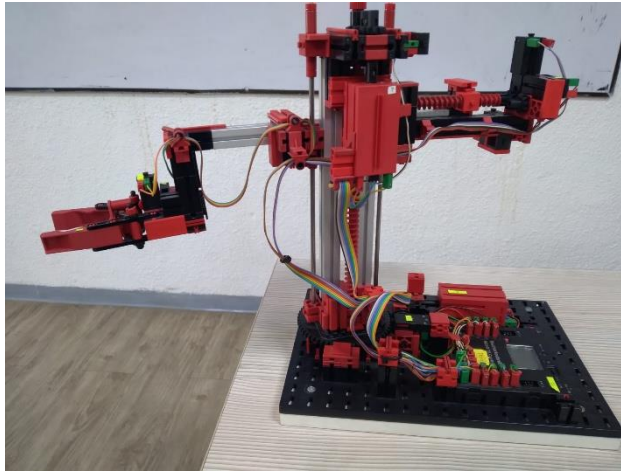


Imagen 24 Brazo 3 ejes

6.3.4 CONEXION A TX CONTROLLER Y DIAGRAMA DE FLUJO

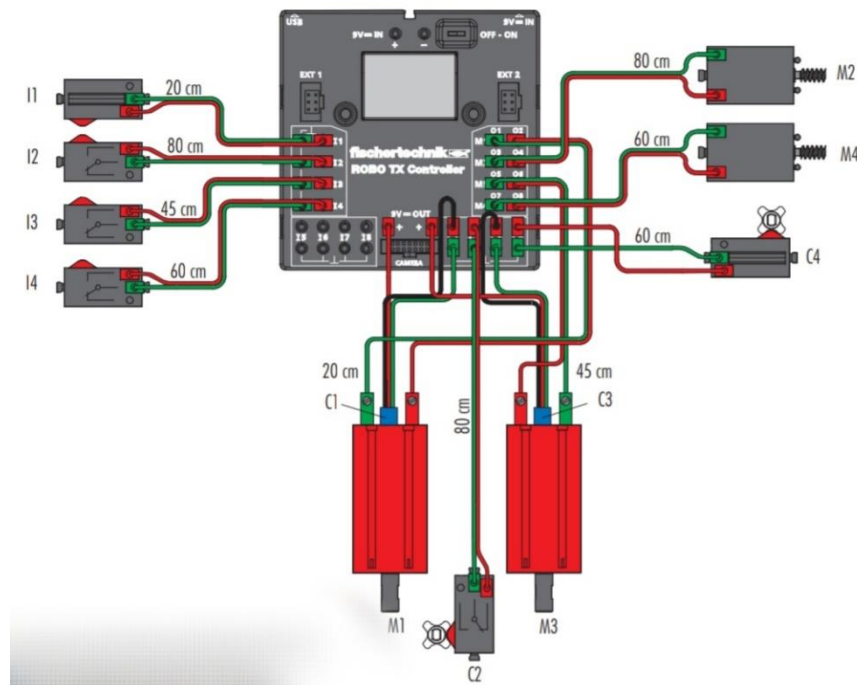


Imagen 25 Diagrama de conexión brazo 3 ejes al TX CONTROLLER

6.3.5 3.3. SISTEMA DE RECOGIDO

En esta parte después de haber hecho una amplia investigación, se concluye que, en este proceso, se sigue manejando mano de obra, ya que todavía no han desarrollado un sistema sea o automatizado que logre cumplir con el objetivo de poder seleccionar la pieza cortada según talla y modelo, agarrar la pieza y llevarla a un estante para realizar el proceso de separación.

La idea que se emplea en esta parte del proceso es realizar un sistema de ventosa junto con un sensor de color identificando cada pieza y así poder llevar la pieza a su respectiva parte del estante.

Sim embargo, hay industrias que se maneja 50% MO y 50% MQ, o simplemente emplean el 100% de sus plantas ya automatizada; para este caso se va a manejar MO y MQ con el fin de que, al momento de terminar el proceso de corte, el operario asegure las piezas cortadas colocando alguna etiqueta de identificación para así el sistema de succión recoja el paquete de piezas, pase por el sensor, e identifique hacia donde debe llevar la pieza en su respectivo estante para nuevo proceso.

Para el sistema de succión se hace la modificación de la pinza oscilante, teniendo en cuenta que solo se hará una leve modificación en su parte estructural y las piezas removidas se mantendrán armadas y guardadas en su respectiva caja. Para eso se hace el retiro de la estructura de la pinza,

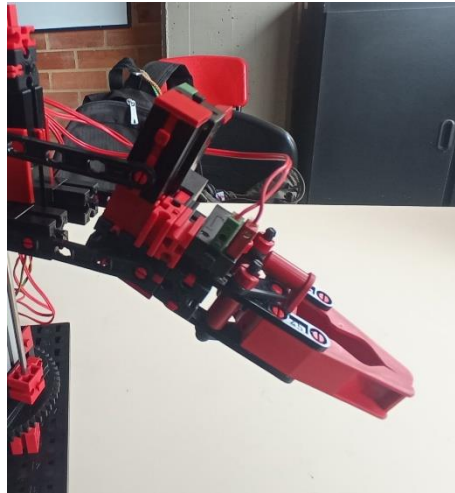


Imagen 26 Pinza oscilante 2 ejes

Para el sistema de succión o ventosa que funciona a través de la neumática, para ellos se usa dos pistones o cilindros de simple efecto, una fuente de aire compuesto por un solenoide más un compresor de aire, mangueras y la ventosa, adicional se realiza la estructura para que al momento de activar el compresor, jale el pistón 1 para así accionar el pistón 2 teniendo en cuenta que un bloque queda por debajo de los pistones para generar presión y así el pistón 2 pueda generar succión y agarrar la pieza

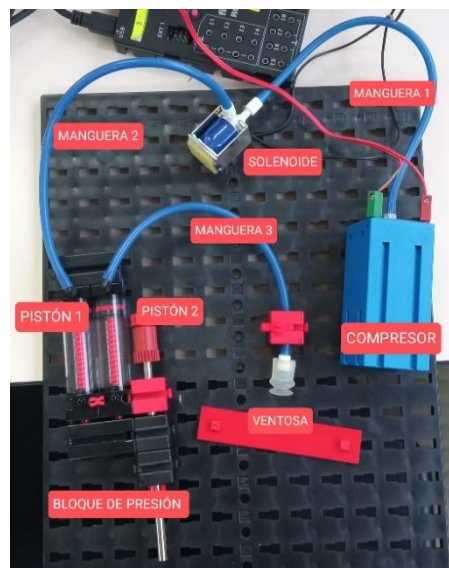


Imagen 27 Sistema de ventosa

Una vez armado el sistema de ventosa se procede a colocarlo a la pinza para que la ventosa quede fija, se coloca una barra para así tener un brazo con sistema de extensión y contracción.

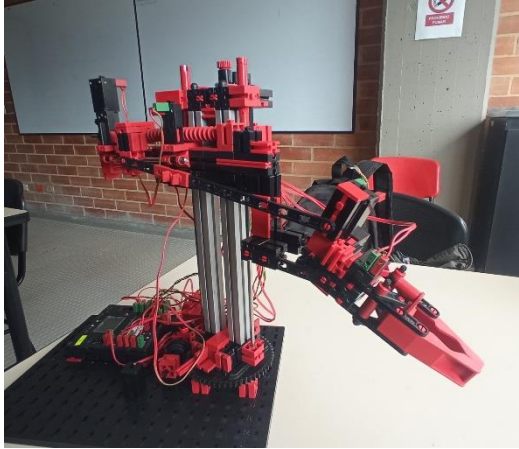


Imagen 28 Pinza oscilante 3 ejes 9v

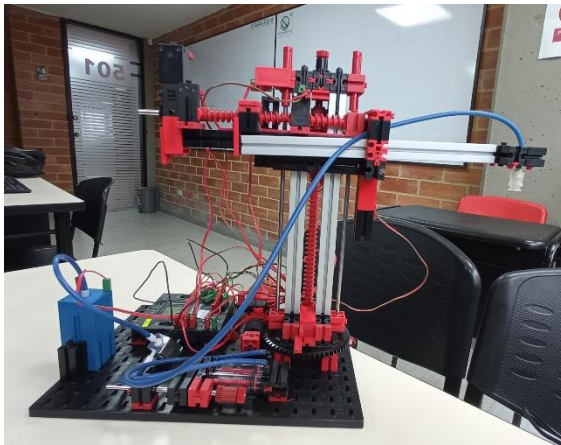


Imagen 29 Brazo 3 ejes con sistema de ventosa integrado (modificación)

6.3.6 CONEXION A TX CONTROLLER Y DIAGRAMA DE FLUJO

Las conexiones se mantienen, sin embargo, se hace el retiro de las conexiones de pulsadores y motor de la pinza y son reemplazadas por el nuevo sistema de ventosa

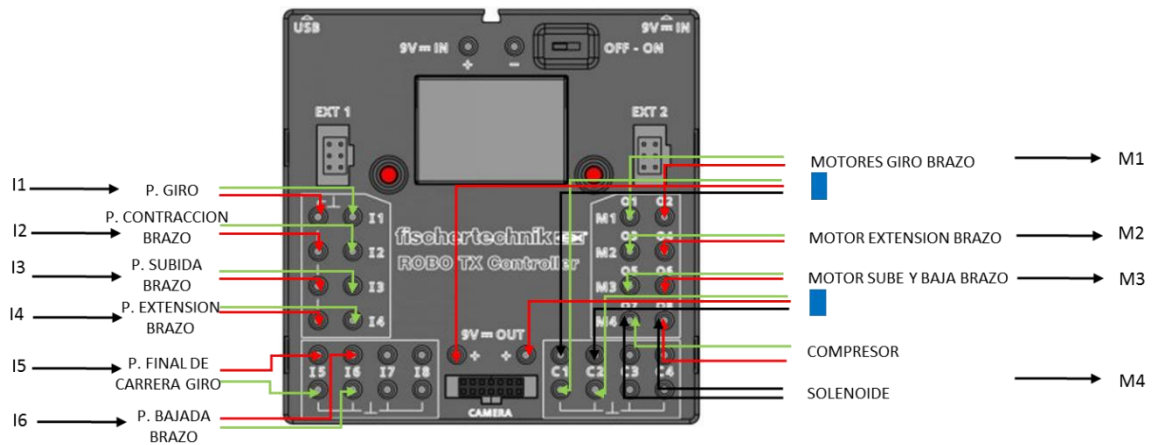


Imagen 30 Diagrama de conexión sistema de ventosa a TX CONTROLLER

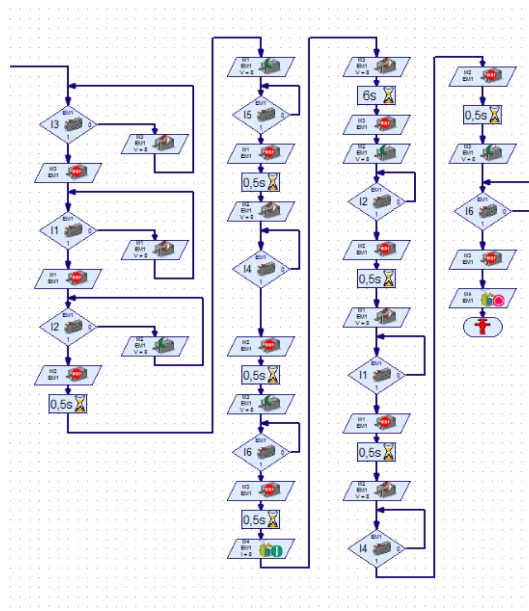


Imagen 31 Diagrama de procesos sistema de recogida (robopro)

6.4 FASE DE PRUEBA Y MODIFICACION

Una vez realizado el diseño, construcción de dispositivos y montaje de diagramas, se realizan las pruebas con los tres procesos ya armados para verificar si todo funciona correctamente

Durante el proceso de simulación de los tres procesos funcionando al mismo tiempo, se evidencia que al brazo de 3 ejes que es el sistema de corte no concuerda con el proceso ya que este brazo se empieza a desconfigurar al momento de hacer varias pruebas, lo que

genera que todo el montaje se descuadre y toma mucho tiempo el volver a cuadrar todo el sistema. Así que se toma la decisión de construir un nuevo sistema de corte eliminando el brazo, se hace la construcción con un motor, sistema de tornillo sin fin, adicional a eso para simular un corte como el de una máquina automática se introduce una estructura simple con ayuda de un motor, sistema de tornillo sin fin encima de la superficie de la banda hacia un lado, adicional a eso se introduce un cilindro de simple efecto con ayuda de un compresor y un solenoide con el fin de simular un proceso de corte, y se coloca un pulsador para así finalizar el proceso de corte, hay que tener en cuenta que el cilindro de simple efecto al ser manipulado por compresor y solenoide, se hace una extensión de manguera desde el sistema de ventosa del brazo del proceso de recogido del compresor conectándolo al sistema de corte y aparte de eso se hace uso de un solenoide a parte para su respectivo proceso

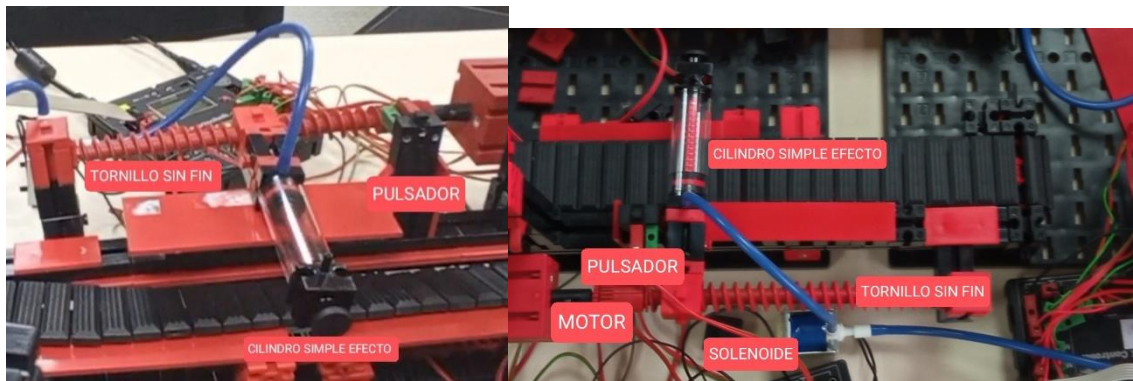


Imagen 32 Proceso de corte (modificado)

Para el diagrama de flujo de este proceso modificado, se elimina el anterior, y se realiza uno nuevo colocando un contador de procesos con el fin de repetir el mismo proceso las cantidades de veces que sea sin la necesidad de repetir el mismo diagrama varias veces

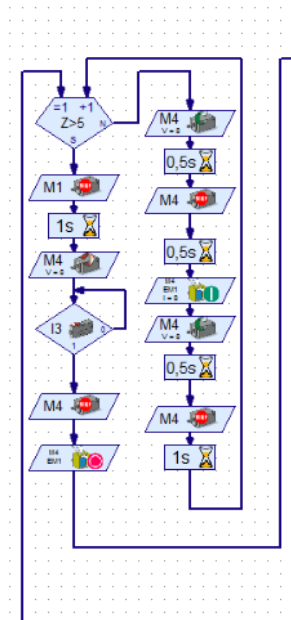


Imagen 33 Diagrama de procesos sistema de corte (modificado)

Para la conexión del TX para el nuevo proceso de corte, se hace la unificación del sistema de tendido con el nuevo sistema de corte, es decir al ver que hay entradas sobrantes y salidas que se pueden unificar, se realiza lo siguiente: para la salida M1, se mantiene las motores del tendido, para el proceso de tendido, al ver que las linternas se encienden al mismo tiempo, se unifica las entradas dejándolas en una misma ya que estás no afectan en su proceso y dejan una entrada libre, quedando en la salida M2, en M3 queda el motor de la banda transportadora, M4 queda el nuevo motor del nuevo proceso de corte, en las entradas del TX I1 queda con uno de los sensores o fototransistor 1, M2 el otro sensor o fototransistor 2, y finalizando en I3 se deja el nuevo sensor de contacto o conocido como pulsador del sistema de corte, para mejor explicación se puede observar en la imagen del dispositivo y del sistema de conexión del TX Controller y el nuevo diagrama de proceso del sistema de corte

Otras de las modificaciones hechas durante la fase de pruebas es que la banda transportadora no mantiene buena velocidad con un solo motor introducido anteriormente, así que se deja con los dos motores como se había dejado desde un principio y se mantienen en una sola misma entrada de salida de motores del TX CONTEOLLER con el fin de que al momento de realizar el diagrama de flujo en la plataforma este pueda funcionar al mismo tiempo y hacia un mismo sentido con buena velocidad. En el diagrama de flujo no cambia nada solo se coloca el nuevo motor u se unifica en la entrada del motor anterior junto con el nuevo tal cual se mientras en la imagen.

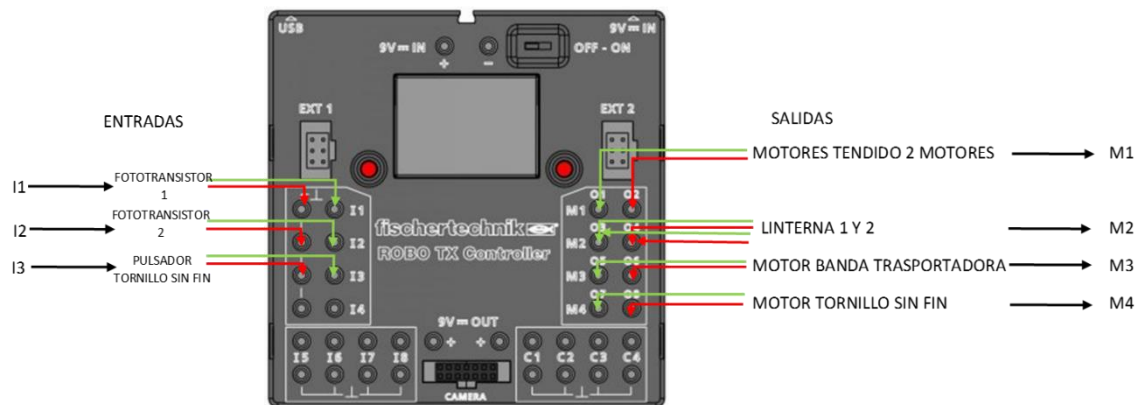


Imagen 34 Diagrama de conexión de componentes al TX COONTROLLER sistema de corte (modificado)

Una vez verificado las modificaciones y revisar todo el sistema se realiza la unificación de los nuevos diagramas de flujo de los 3 procesos según la imagen, y puesto en marcha todo el sistema, continuando con la siguiente fase

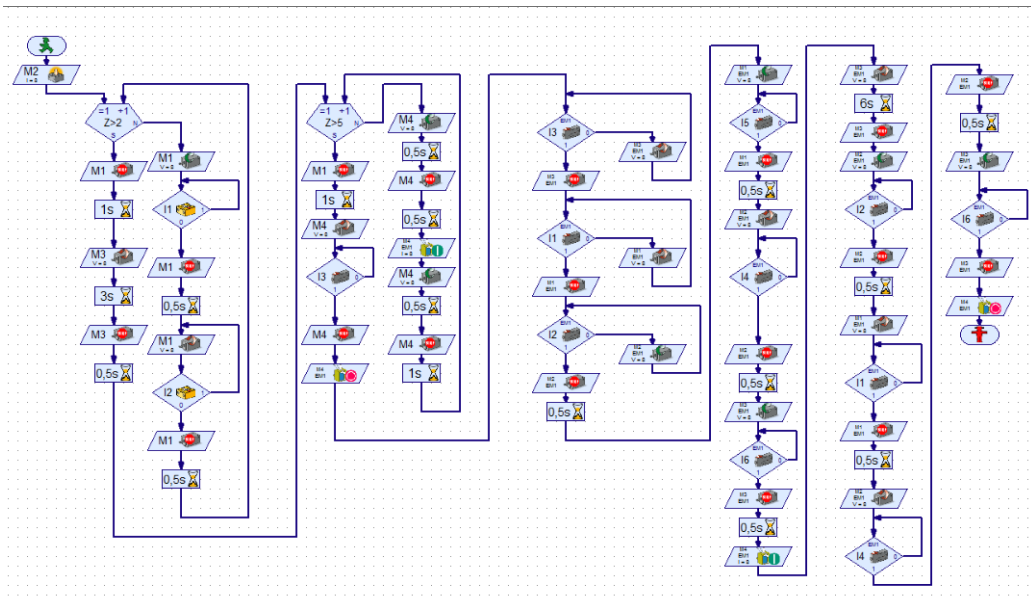


Imagen 35 Unión de los diagramas de procesos (diagrama final)

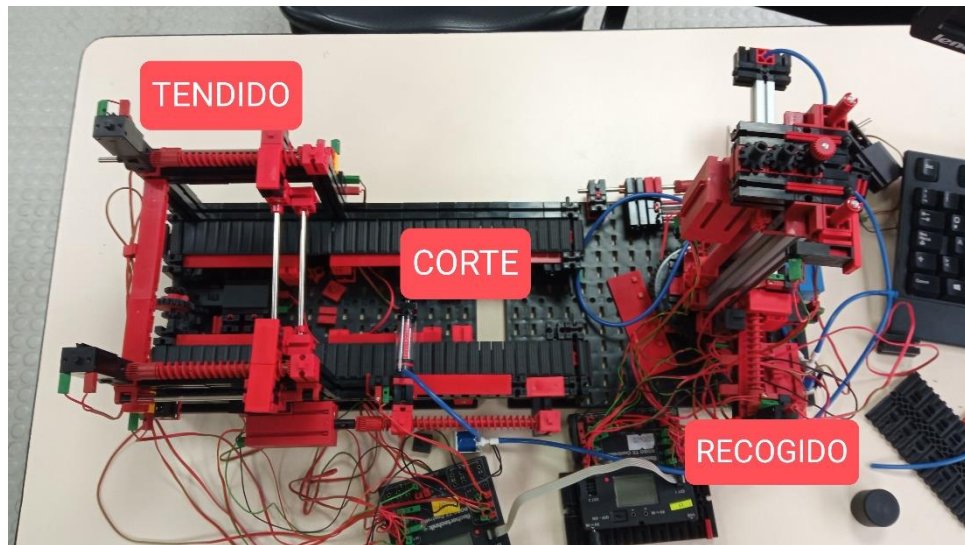


Imagen 36 Sistema de procesos textil completo

6.5 FASE DE MONTAJE, INTEGRACIÓN Y PRUEBAS CON ARDUINO

6.5.1 MONTAJE E INTEGRACION

Para esta parte debe tener en cuenta que puntos de inicio del prototipo donde va a comenzar a cronometrar cada proceso, para así empezar a realizar las conexiones con la lámina de cobre que es el reemplazo de la protoboard, (esta placa tiene la misma funcionalidad que una protoboard), la primera conexión de inicio de cronometro empieza desde el proceso del tendido colocando un pulsador en la parte de atrás de uno de los laterales del proceso de tendido con el fin de que al momento de que el proceso comience, el pulsados ya sin oprimir comience con el conteo, tanto de ida como de vuelta, se hace el conteo de 10 ida y 10 vuelta,

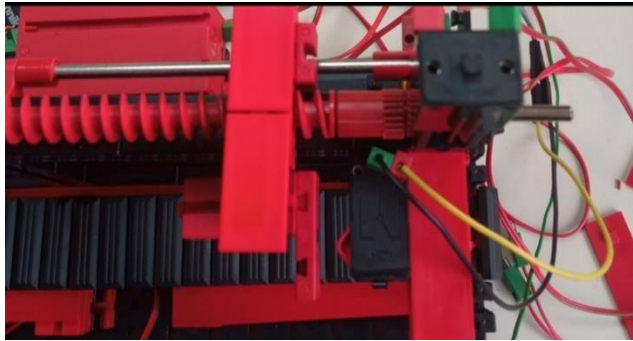


Imagen 37 Montaje primera conexión desde Fischertechnik al Arduino proceso de tendido

Para el siguiente punto de inicio de conteo de tiempo se hace la conexión directamente con el pulsador del proceso de corte ya que el pulsador al tener dos entradas de conexión no hubo inconvenientes en remover o insertar nuevo sensor.

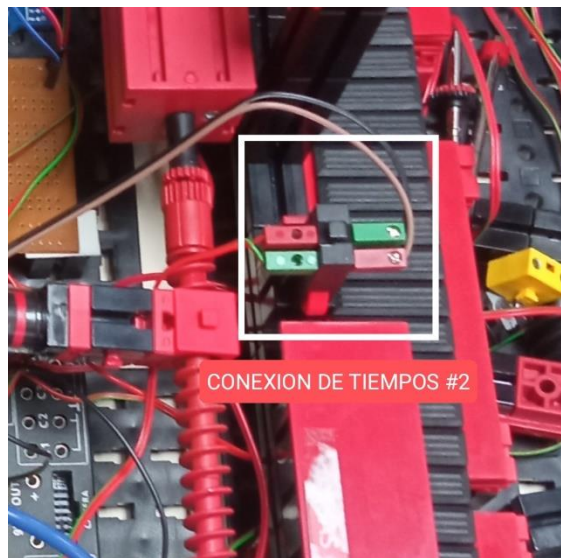


Imagen 38 Montaje segunda conexión desde Fischertechnik al Arduino proceso de corte

La última conexión para completar todo el sistema de conteo de tiempos se encuentra en el proceso de recogido el cual se encuentra en el pulsador de brazo donde se encuentra la ventosa del sistema de recogido, se define en ese pulsador ya que, al momento de comenzar el proceso de calibre y su proceso de trabajo, ese pulsador es el primero que empieza a trabajar el brazo y el ultimo en finalizar el proceso de recogido.

Una vez realizada las conexiones del Fishertechnik junto con el Arduino y la placa de cobre se ve de la siguiente manera:

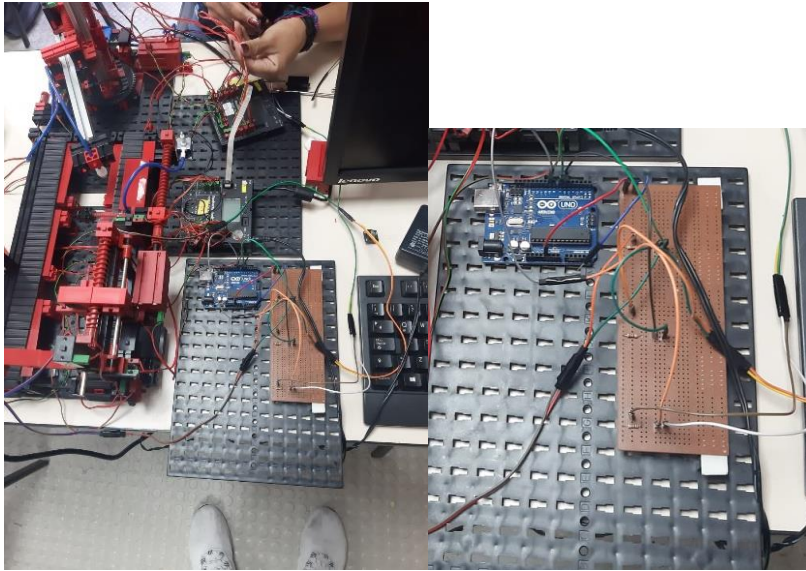


Imagen 39 Montaje final Fischertechnik con Arduino Imagen 40 Montaje placa de cobre con Arduino

6.5.2 PROGRAMACION

Para la programación se realiza de la siguiente manera:

- Se realiza la declaración de los pines que van a estar conectados desde el prototipo hasta las entradas del Arduino
-

```
1 //declaración de los pines
2 int pin_tendedora = 7;
3 int pin_cortadora = 6;
4 int pin_recogido = 8;
```

Imagen 41 Código declaración de pines Arduino

- Creación de constantes para la creación del cronometro para toma de tiempos por cada proceso

```
5 //formato cronometro
6 byte seconds;
7 byte minutes;
8 byte hours;
```

Imagen 42 Código para cronometro Arduino.

- Creación de un contador por cada proceso de trabajo al igual que la creación de la cantidad de veces que es pulsado el pulsador para tener un mayor control al momento de finalizar el conteo

```

9 //verificadores
10 int cont_tendedora = 0;
11 int cont_cortadora = 0;
12 int cont_recogido = 0;

```

Imagen 43 Código para contador de tiempo Arduino.

- Se realiza la creación de verificadores con el fin de que al momento de realizar el conteo se mantenga corriendo hasta que el estado cambie a TRUE

```

13 boolean ver_tendedora = false;
14 boolean ver_cortadora = false;
15 boolean ver_recogido = false;

```

Imagen 44 Código verificadores Arduino.

- Se hace la creación de datos en cadena, esto quiere decir que se hace la unión de los nombres incluyendo los tiempos de proceso anterior con el fin de almacenar el obtener el tiempo y reiniciar el cronometro para el nuevo proceso

```

16 //almacenamiento
17 String alm_tendedora = "Tiempo total de la tendedora: ";
18 String alm_cortadora = "Tiempo total de la cortadora: ";
19 String alm_recogido = "Tiempo total del recogido: ";
20 String alm_total = "Tiempo total del proceso: ";

```

Imagen 45 Código datos en cadena de almacenamiento de tiempos Arduino

- Se hace la creación del vector para realizar la sumatoria total de todos los tiempos del proceso, cada índice significa un dígito del cronometro

```

57
58 arraytimeTotal[0] -----> HORAS
59 arraytimeTotal[1] -----> MINUTOS
60 arraytimeTotal[2] -----> SEGUNDOS
61
62 */
63 int arraytimeTotal[3];
64

```

Imagen 46 Código sumatorio total de tiempos de procesos Arduino

- Creación de función llamada CRONOMETRO para la toma de tiempos en cada uno de los procesos teniendo en cuenta las condiciones de:
 - si los seg. Llegan a 59 se reinicia a 0 y suma 1 min.
 - si los min. Llegan a 59 se reinicia a 0 y suma 1 hora

Teniendo en cuenta esto, se realiza la impresión de cada seg. Que pasa en el cronometro

```

22 //cronometro
23 void cronometro(){
24     seconds = seconds + 1;
25     if(seconds > 59){
26         seconds = 0;
27         minutes = minutes + 1;
28     }
29     if(minutes > 59){
30         minutes = 0;
31         hours = hours + 1;
32     }
33     Serial.println(String(hours) + ":" + String(minutes) + ":" + String(seconds));
34     delay(1000);
35 } // fin cronometro

```

Imagen 47 Código función cronometro con condicional Arduino

- Se realiza la función llamada CLEARCRONOMETRO para reiniciar el cronometro a 0:0:0 con el fin de mantener una función para todo el proceso sin la necesidad de repetir este código varias veces

```

37 //metodo para limpiar cronometro
38 void clearCronometro(){
39     seconds = 0;
40     minutes = 0;
41     hours = 0;
42 } // fin clearCronometro

```

Imagen 48 Código función clearcronometro Arduino.

- En esta función llamada ALMACENAMIENTOCRONOMETRO () es recibir las horas, los min. Y los segundos que arroja al finalizar el proceso para la sumatoria total por medio de vectores teniendo en cuenta las mismas condiciones nombradas anteriormente

```

44 //metodo para almacenar la totalidad del tiempo
45 void almacenamientoCronometro(int hours_total,int minutes_total,int seconds_total){
46     arraytimeTotal[0]=arraytimeTotal[0]+hours_total;
47     arraytimeTotal[1]=arraytimeTotal[1]+minutes_total;
48     arraytimeTotal[2]=arraytimeTotal[2]+seconds_total;
49     if(arraytimeTotal[2] > 59){
50         arraytimeTotal[2] = 0;
51         arraytimeTotal[1] = arraytimeTotal[1]+1;
52     }
53     if(arraytimeTotal[1] > 59){
54         arraytimeTotal[1] = 0;
55         arraytimeTotal[0] = arraytimeTotal[0]+1;
56     }
57 } //fin almacenamientoCronometro

```

Imagen 49 Código almacenamientocronometro () Arduino.

- se declara el puerto serial 9600 (instrucción inicial dada al Arduino para envío de comunicación a cualquier dispositivo conectados con velocidad de comunicación serial de 9600 bites*seg.) para mostrar los tiempos tomados y los pines de entrada que se va a usar en el Arduino

```

59 void setup() {
60     Serial.begin(9600);
61     pinMode(pin_tendedora, INPUT);
62     pinMode(pin_cortadora, INPUT);
63     pinMode(pin_recogido, INPUT);
64 }

```

Imagen 50 Código puerto serial 9600 para tiempos y pines de entrada de Arduino.

- En esta se inicia la parte lógica para la ejecución del código, comienza verificando que el temporizador no comience hasta que deje de presionar el pulsador del primer proceso el cual corresponde al proceso del tendido

```

void loop() {
    do{
        if(digitalRead(pin_tendedora) == HIGH){
            ver_recogido = true;
        }
    }while(ver_recogido == false);
    ver_recogido = false;
}

```

Imagen 51 Código ejecución del proceso de temporizador Arduino.

- Se hace el ingreso del ciclo WHILE hasta que la condición cambie a TRUE, el cual cambia al momento de ser presionado 10 veces (ciclo completo de tendido)

```

168 //
169 while(ver_tendedora == false){
170     cronometro(); // INICIA EL CRONOMETRO
171     if(digitalRead(pin_tendedora) == LOW){ // SE CREA LA CONDICION PARA QUE CUANDO SE PRECIONE EL PULSADOR SE SUME UNO AL CONTADOR
172         cont_tendedora = cont_tendedora + 1;
173         delay(300);
174         Serial.println(cont_tendedora);
175         if(cont_tendedora == 10){ // DENTRO DE LA PRIMERA CONDICION HAY OTRA QUE ES CUANDO EL CONTADOR LLEGA A 10 'EL PULSADOR SE PRECIONO 10 VECES'
176             ver_tendedora = true; // CAMBIA LA CONDICION DEL CICLO WHILE PARA DAR A ENTENDER QUE YA FINALIZO EL PROCESO
177             alm_tendedora = alm_tendedora + String(hours) + ":" + String(minutes) + ":" + String(seconds); // CONCATENAMOS EL TIEMPO CON EL DATO CADENA CREADO EN EL PRINCIPIO
178             almacenamientoCronometro(hours, minutes, seconds); // ALMACENAMOS EL TIEMPO EN EL VECTOR PARA EMPEZAR A REALIZAR LA SUMA DEL TIEMPO TOTAL
179             clearCronometro(); // REINICIAMOS NUESTRO CRONOMETRO ANTES DE SALIR DEL PROCESO
180         }
181     }
182 }

```

Imagen 52 Código ciclo WHILE para conteo de tiempo proceso de tendido con condicionales Arduino

- Se hace una verificación a través de este código con el fin de que el temporizador no comience hasta que deje de presionar el pulsador del sistema de tendido

```

89     do{
90         ver_tendedora = false;
91         if(digitalRead(pin_cortadora)== HIGH){
92             ver_tendedora = true;
93         }
94         }while(ver_tendedora == false);
95

```

Imagen 53 Código proceso de verificación de temporizador proceso de tendido Arduino.

- Para el conteo de tiempo del sistema de corte, es la lógica del código de tendido, sin embargo, en esta ocasión solo se presiona una vez el pulsador

```

206     cronometro();//INICIA EL CRONOMETRO
207     if(digitalRead(pin_cortadora) == LOW){// SE CREA LA CONDICION PARA QUE CUANDO SE PRECIONE EL PULSADOR SE SUME UNO AL CONTADOR
208         cont_cortadora = cont_cortadora + 1;
209         delay(300);
210         if(cont_cortadora == 1){//DENTRO DE LA PRIMERA CONDICION HAY OTRA QUE ES CUANDO EL CONTADOR LLEGA A 1 'EL PULSADOR SOLO SE PRECIONA UNA VEZ'
211             ver_cortadora = true;//CAMBIA LA CONDICION DEL CICLO WHILE PARA DAR A ENTENDER QUE YA FINALIZO EL PROCESO
212             alm_cortadora = alm_cortadora + String(hours)+":"+ String(minutes)+":"+ String(seconds);//CONCATENAMOS EL TIEMPO CON EL DATO CADENA CREADO EN EL PRINCIPIO
213             almacenamientoCronometro(hours, minutes,seconds);// ALMACENAMOS EL NUEVO TIEMPO EN EL VECTOR PARA SEGUIR LA SUMATORIA DEL TIEMPO TOTAL
214             clearCronometro();// REINICIAMOS NUESTRO CRONOMETRO ANTES DE SALIR DEL PROCESO
215         }
216     }
217

```

Imagen 54 Código ciclo WHILE para conteo de tiempo proceso de corte con condicionales Arduino

- Se hace una verificación a través de este código con el fin de que el temporizador no comience hasta que deje de presionar el pulsador, esto sucede cuando el brazo del sistema de recogido se empieza a elevar

```

110
111     do{
112         ver_cortadora = false;
113         if(digitalRead(pin_recogido)== HIGH){
114             ver_cortadora = true;
115         }
116         }while(ver_cortadora == false);
117

```

Imagen 55 Código proceso de verificación de temporizador proceso de corte Arduino.

- Para esta parte el código es similar a los procesos anteriores, sin embargo, la diferencia de este proceso es que el pulsador no es independiente como los dos pulsadores anteriores, ya que este se encuentra ligado al montaje del brazo, el cual es el único pulsador que inicia de primeras y el ultimo que finaliza, este pulsador es presionado dos veces, la primera es cuando baja el brazo para recoger la ficha y la segunda es cuando baja el brazo y deja la ficha en su lugar y finaliza el proceso,

```

243     while(ver_recogido == false){
244         cronometro();//INICIA EL CRONOMETRO
245         if(digitalRead(pin_recogido) == LOW){// SE CREA LA CONDICION PARA QUE CUANDO SE PRECIONE EL PULSADOR SE SUME UNO AL CONTADOR
246             cont_recogido = cont_recogido + 1;
247             delay(300);
248             if(cont_recogido == 2){//DENTRO DE LA PRIMERA CONDICION HAY OTRA QUE ES CUANDO EL CONTADOR LLEGA A 1 'EL PULSADOR SOLO SE PRECIONA UNA VEZ'
249                 ver_recogido = true;//CAMBIA LA CONDICION DEL CICLO WHILE PARA DAR A ENTENDER QUE YA FINALIZO EL PROCESO
250                 alm_recogido = alm_recogido + String(hours)+":"+ String(minutes)+":"+ String(seconds);//CONCATENAMOS EL TIEMPO CON EL DATO CADENA CREADO EN EL PRINCIPIO
251                 almacenamientoCronometro(hours, minutes,seconds);// ALMACENAMOS EL NUEVO TIEMPO EN EL VECTOR PARA ASI MISMO OBTENER LA SUMA DE TODOS LOS TIEMPOS
252                 clearCronometro();// REINICIAMOS NUESTRO CRONOMETRO ANTES DE SALIR DEL PROCESO
253             }
254         }
255     }
256

```

Imagen 56 Código ciclo WHILE para conteo de tiempo proceso de recogido con condicionales Arduino.

- Para la última parte de la programación del Arduino, se realiza las salidas de los datos con el tiempo de las demoras en cada proceso incluyendo las sumatorias

```

266 //SE CONCATENA CON LA CADENA DE LA SUMATORIA FINAL CAMBIANDO LOS DATOS DE TIPO ENTERO A TIPO CADENA RESPETANDO CADA POSICION CON SU VALOR ASIGNADO
267 alm_total = alm_total + String(arraytimeTotal[0]) + ":" + String(arraytimeTotal[1]) + ":" + String(arraytimeTotal[2]);/
268 Serial.println("-----");
269 Serial.println(alm_tendedora); //IMPRIME EL DATO CADENA QUE SE CONCATENO EN EL PROCESO DE LA TENEDORA MOSTRANDO EL TIEMPO ALMACENADO
270 Serial.println(alm_cortadora); //IMPRIME EL DATO CADENA QUE SE CONCATENO EN EL PROCESO DE LA CORTADORA MOSTRANDO EL TIEMPO ALMACENADO
271 Serial.println(alm_recogido); //IMPRIME EL DATO CADENA QUE SE CONCATENO EN EL PROCESO DEL RECOGIDO MOSTRANDO EL TIEMPO ALMACENADO
272 Serial.println(alm_total); //IMPRIME EL DATO CADENA QUE SE CONCATENO EN LA LINEA 267 CON LA SUMATORIA DE LOS TIEMPOS
273 Serial.println("-----");
274 delay(60000); // DA ESPERA DE 6 MINUTOS PARA TOMAR LA TOMA DE DATOS
275 }
776

```

Imagen 57 Código cadena de tiempos con sus respectivos tiempos de cada proceso y sumatoria final Arduino.

6.5.3 Tabla de tiempos finales.

Una vez terminado todo el proceso con el Arduino, se dan a conocer los tiempos completos de los tres procesos dado por el programa Arduino, demostrados de la siguiente manera:

TENDIDO									TIEMPOS DE PROCESO DE MANUFACTURA TEXTIL EN ARDUINO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CORTE	RECOGIDO								
0:00:00	0:00:12	0:00:24	0:00:36	0:00:48	0:01:00	0:01:12	0:01:24	0:01:36	0:01:48	0:02:00	0:01:06	0:00:03	0:00:15	0:00:08	0:00:20	0:00:32	0:00:44	0:00:56	0:01:08
0:00:01	0:00:13	0:00:25	0:00:37	0:00:49	0:01:01	0:01:13	0:01:25	0:01:37	0:01:49	0:00:55	0:01:07	0:00:04	0:00:16	0:00:09	0:00:21	0:00:33	0:00:45	0:00:57	0:01:09
0:00:02	0:00:14	0:00:26	0:00:38	0:00:50	0:01:02	0:01:14	0:01:26	0:01:38	0:01:50	0:00:56	0:01:08	0:00:05	0:00:17	0:00:10	0:00:22	0:00:34	0:00:46	0:00:58	0:01:10
0:00:03	0:00:15	0:00:27	0:00:39	0:00:51	0:01:03	0:01:15	0:01:27	0:01:39	0:01:51	0:00:57	0:01:09	0:00:06	0:00:18	0:00:11	0:00:23	0:00:35	0:00:47	0:00:59	0:01:11
0:00:04	0:00:16	0:00:28	0:00:40	0:00:52	0:01:04	0:01:16	0:01:28	0:01:40	0:01:52	0:00:58	0:01:10	0:00:07	0:00:19	0:00:12	0:00:24	0:00:36	0:00:48	0:01:00	0:01:12
0:00:05	0:00:17	0:00:29	0:00:41	0:00:53	0:01:05	0:01:17	0:01:29	0:01:41	0:01:53	0:00:59	0:01:11	0:00:08	0:00:01	0:00:13	0:00:25	0:00:37	0:00:49	0:01:01	0:01:13
0:00:06	0:00:18	0:00:30	0:00:42	0:00:54	0:01:06	0:01:18	0:01:30	0:01:42	0:01:54	0:01:00	0:01:12	0:00:09	0:00:02	0:00:14	0:00:26	0:00:38	0:00:50	0:01:02	0:01:14
0:00:07	0:00:19	0:00:31	0:00:43	0:00:55	0:01:07	0:01:19	0:01:31	0:01:43	0:01:55	0:01:01	0:01:13	0:00:10	0:00:03	0:00:15	0:00:27	0:00:39	0:00:51	0:01:03	0:01:15
0:00:08	0:00:20	0:00:32	0:00:44	0:00:56	0:01:08	0:01:20	0:01:32	0:01:44	0:01:56	0:01:02	0:01:14	0:00:11	0:00:04	0:00:16	0:00:28	0:00:40	0:00:52	0:01:04	0:01:16
0:00:09	0:00:21	0:00:33	0:00:45	0:00:57	0:01:09	0:01:21	0:01:33	0:01:45	0:01:57	0:01:03	0:01:15	0:00:12	0:00:05	0:00:17	0:00:29	0:00:41	0:00:53	0:01:05	0:01:17
0:00:10	0:00:22	0:00:34	0:00:46	0:00:58	0:01:10	0:01:22	0:01:34	0:01:46	0:01:58	0:01:04	0:01:16	0:00:13	0:00:06	0:00:18	0:00:30	0:00:42	0:00:54	0:01:06	
0:00:11	0:00:23	0:00:35	0:00:47	0:00:59	0:01:11	0:01:23	0:01:35	0:01:47	0:01:59	0:01:05	0:01:17	0:00:14	0:00:07	0:00:19	0:00:31	0:00:43	0:00:55	0:01:07	

Tiempo total de la tendedora:	0:02:00
Tiempo total de la cortadora	0:00:19
Tiempo total del recogido	0:01:17
Tiempo total del proceso	0:03:36

Tabla 4 Tabla de tiempos de procesos de manufactura Arduino

7. CONCLUSIONES

La realización del trabajo de grado se centró en la aplicación que tiene Fischertechnik en varias áreas de la ingeniería y en específico de la ingeniería Industrial, con el fin de lograr los objetivos trazados para este trabajo se realizaron varias acciones encaminadas a subsanar de la mejor manera el cumplimiento de estos objetivos y de esta manera dar respuesta a la automatización del proceso de clasificación de corte textil y la toma de tiempos utilizando Arduino como integrador tecnológico con Fischertechnik.

En la primera fase se realizó una revisión documental del uso de Arduino y Fischertechnik en el área textil; para esto se elaboró una tabla de revisión bibliográfica para cada uno de los procesos involucrados a saber: Tendido, corte y recogido; en este sentido se tomaron 15 de los referentes más destacados como soporte teórico del proceso de revisión bibliográfica y de esta manera se da respuesta al primer objetivo específico planteado. Los referentes bibliográficos encontrados se tomaron como punto de partida para la solución a la problemática planteada y fueron de gran ayuda para la toma de decisiones teniendo en cuenta que dentro de ellos se integraban procesos manuales semiautomáticos y automatizados en su totalidad.

La segunda parte del trabajo consistió en realizar la elaboración de los prototipos funcionales para los procesos de tendido corte y recogido con la implementación de tres estaciones en Fischertechnik, los cuales fueron programados en RoboPro que es el lenguaje propio de Fischertechnik; la programación, se fue depurando a lo largo de la implementación de las estaciones. Fue necesario aprender a manejar conceptos de robótica como por ejemplo “Maestro – esclavo” y de esta manera optimizar el uso de los controladores TX. De no haberse realizado esta acción hubiera sido necesario utilizar tres controladores de manera independiente lo que conlleva más espacio físico. Teniendo en cuenta que se busca una solución real a la problemática que tiene el sector textil específicamente en el recogido, se implementó un sistema de ventosa que consiste en el montaje de cilindros de presión de vacío y de esta manera se plantea una solución real a este problema.

Para el mecanismo de proceso de corte y la toma de tiempos se integró la placa Arduino UNO como elemento funcional; esta placa tiene como objetivo la integración tecnológica con Fischertechnik y de esta manera con la ayuda de la programación basada en C++ se logró ejecutar el proceso completo; en este sentido, el prototipo quedó ensamblado con tres estaciones que quedan sincronizadas completamente. Para la toma de tiempos se implementó una baquelita que tiene elementos electrónicos que van conectados a la placa de Arduino UNO y a los sensores de Fischertechnik; la programación del Arduino UNO da cuenta de los tiempos utilizados en cada proceso y se pueden visualizar en la pantalla del computador utilizado para realizar la programación. Estos tiempos se pueden visualizar en tiempo real, pero además se pueden exportar a una hoja de cálculo “Excel” para procesarlos de manera remota según la necesidad. De esta manera se da respuesta al objetivo número 3.

Automatizar un sistema de conteo de tiempo en los procesos de manufactura textil, favorece a la empresa, ya que se pueden obtener tiempos reales de producción, detectar fallas, cuellos de botella y aplicar métodos de mejora continua para no detener la producción y aumentar la productividad.

8. RECOMENDACIONES

- Estos prototipos no deben ser modificados en su estructura ya que estos se vuelven parte de los prototipos didácticos de la institución, y tendrán continuidad en futuros proyectos de grado
- Si el dispositivo será manipulado por estudiantes y docentes para fines didácticos, por favor usarlo de forma delicada y sin golpes, cualquier modificación encontrada, será reportada directamente a los monitores encargados del laboratorio como al coordinador de los laboratorios de ingeniería y ciencias básicas con el fin de tomar medidas por dicha falta

BIBLIOGRAFÍA

- [illegible]

Bayona Pérez, L.A. and Contreras Beltrán, P.A. (2018) *Transformación de una microempresa del sector textil con miras al mercado internacional*. Bogotá.

Carranza Cordova, D.A. (2016) *Análisis y mejora del proceso productivo de confecciones de prendas T-shirt en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Lima, Perú.

Checa Loayza, P.J. (2014) *Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa confección Sol*. Trujillo, Perú.

Choubey, N.S. and Agrawal, M. (2016) *Automation in Textile Industry*, *International Journal on Textile Engineering and Processes*.

Gómez Muñoz (2019) *Automatización del Corte en el Sector Textil Confección*. Available at:
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13797/CarlosIgnacio_GomezMu%C3%B1oz_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20sector%20textil%20confecci%C3%B3n%2C%20el%20Corte%20es%20un%20%C3%A1rea,lograda%20en%20un%20proceso%20manual.&text=Documentar%20proceso%20actual. (Accessed: 8 November 2022).

Pérez L, C.X. (2021) *Reducción del tiempo de ciclo del área de confecciones de una empresa de prendas denim ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho - Lima, mediante la aplicación de herramientas de Lean manufacturing*. Lima, Perú.

Torruco Báez, E. (2018) *Control estadístico del proceso de manufactura de una maquiladora textil en el estado de Veracruz*, *Universidad Veracruzana*.

UBA (2016) '5 -tecnología del sector corte', *Facultad de Arquitectura y Urbanismo*, 5, p. 18.