

**UNIVERSIDAD ECCI-MEDELLÍN**

**TECNOLOGÍA EN GESTIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**



**Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición**

**Juan Pablo Romero Mesa  
Miguel Ángel Rodríguez Rangel  
Cristina Isabel Pérez Villadiego**

**2022**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción .....	1
2. Antecedentes .....	1
3. Justificación.....	3
4. Entregables .....	4
5. Objetivos .....	4
1.1. Objetivo General.....	4
1.2. Objetivos Específicos .....	4
6. Marco Teórico .....	5
1.1 Captura de movimiento corporal .....	5
1.2 Alternativas técnicas .....	5
1.4 Cableado UTP para la transmisión de datos.....	5
1.5 Gemelo digital .....	6
1.6 Gemelo digital en la ingeniería industrial .....	6
1.7 Los gemelos digitales y la automatización en los proceso manufactureros .....	7
1.8 Productividad .....	7
1.9 Banda transportadora.....	8
1.10 Banda transportadora de goma .....	8
• Aumento de la productividad .....	9
• Tratamiento seguro al producto .....	9
• Se adaptan a las cadenas logísticas.....	9
• Ideales para todo tipo de espacios .....	9
1.11 Virtualización .....	9
1.12 Proceso de virtualización .....	10
7. Pregunta de investigación.....	11
8. Metodología .....	12
9. Cronograma de Actividades .....	25
10. Resultados Esperados .....	26
11. Presupuesto.....	27
12. Conclusiones .....	28
13. Referencias bibliográficas .....	42

# Propuesta de Trabajo de Grado

## Estudiante 1

Nombres y apellidos	Juan Pablo Romero Mesa
Documento de identidad	1000445260
ID:	85363
Teléfono	3128320274
Programa Académico	Tecnología en gestión de procesos industriales
Semestre académico	5to
E-mail	juanp.romerom@ecc.edu.co

## Estudiante 2

Nombres y apellidos	Cristina Isabel Pérez Villadiego
Documento de identidad	1003290594
ID:	81636
Teléfono	3107456325
Programa Académico	Tecnología en gestión de procesos industriales
Semestre académico	5to
E-mail	cristinai.perezv@ecc.edu.co

## Estudiante 3

Nombres y apellidos	Miguel Ángel Rodríguez Rangel
Documento de identidad	1005221744
ID:	81505
Teléfono	3053782893
Programa Académico	Tecnología en gestión de procesos industriales
Semestre académico	5to
E-mail	miguela.rodriguezra@ecc.edu.co

## Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora Virtual con conexión a una tarjeta de adquisición

### 1. Introducción

La tecnología está avanzando cada vez más, y con ello también la humanidad, su forma de vida, sus hábitos, y la forma de trabajar. Hoy en día la tecnología nos brinda la facilidad de manejar dispositivos por comandos de voz, con sensores, entre otros.

En la actualidad la tecnología es el mejor complemento en el trabajo que un hombre puede tener, y una de estas tecnologías son los gemelos digitales de manufactura. Esta área del conocimiento, ha sido de gran ayuda en diferentes ámbitos laborales y empresariales, un ejemplo de esto es la facilidad de tomar decisiones en un corto plazo, aumentando así la productividad, la eficacia, y la competitividad de la compañía.

La implementación de gemelos digitales es una solución para la manipulación y el mejoramiento de procesos, pues esto facilita el testeado y la comprobación de diferentes procedimientos u objetos antes de ser usados, demostrando los posibles problemas con sus posibles soluciones. Gracias a la implementación de gemelos digitales, los diseñadores e ingenieros pueden gestionar un producto y perfeccionarlo en línea, en lugar de crear diferentes prototipos disminuyendo así los gastos y el tiempo.

“Los beneficios de los Gemelos digitales (DT, por sus siglas en inglés), en las industrias manufactureras intentan desde la identificación de proveedores, inventario de materias primas materiales y diseño de prototipos para optimizar las actividades en el taller, control del proceso de fabricación y en tiempo real predicción de la salud de las máquinas” [15].

El objetivo del estudio será realizar un modelo digital 3D a través de un software CAD, donde este le permite tener un inicio al acercamiento del gemelo digital. Para conocer al detalle la influencia de implementar el gemelo digital dentro del proceso productivo de una banda transportadora.

### 2. Antecedentes

Muchos investigadores han trabajado en la implementación de gemelos digitales para lograr hacer frente a esta problemática. Por ejemplo, Iliukhin (2017) desarrolló un sistema de captura de movimiento basado en el sensor Kinect y un dispositivo original de lectura de movimiento manual – Bluetooth Guantes. Es utilizado para el seguimiento de manos del operador, incluida la flexión de los dedos, un giroscopio asistido por un acelerómetro mide el ángulo de inclinación en relación con el eje del sistema de sensores, mientras que los potenciómetros rotativos definen un ángulo de flexión de los dedos. Los datos de trayectoria resultantes se traducen en movimientos del robot AR-600E [3]. Sin embargo, una limitación de este trabajo es que cuando la mano está de lado y la palma no está orientada correctamente hacia el sensor, el sensor puede confundir el dedo pulgar con el dedo índice; también se han encontrado otra limitación importante y es que el software diseñado, sólo puede rastrear los dedos si están separados uno del otro. La investigación futura del dispositivo desarrollado va a considerar mediciones de precisión, complementando los guantes con un sistema de retroalimentación háptica para mejorar la calidad de la manipulación de objetos y el

uso de cuaterniones para mejorar precisión y estabilidad del seguimiento del movimiento de la mano.

Otros investigadores como, Fuller (2020) han indagado la tecnología Digital Twin, este es un concepto emergente que se ha convertido en el centro de atención de industrias y, en años más recientes, academia. Los avances en los conceptos de la industria 4.0 han facilitado su crecimiento, particularmente en la industria manufacturera. El Digital Twin se define ampliamente, pero es mejor descrito como la integración sin esfuerzo de datos entre una máquina física y virtual en cualquier dirección. Los desafíos, las aplicaciones y las tecnologías habilitadoras para la inteligencia artificial o Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se presentan en los gemelos digitales [12]. Sin embargo, los investigadores tuvieron diferentes limitaciones durante el proceso de investigación; el desafío al que se enfrenta Digital Twin es la falta de estandarización. Esto resulta en discrepancias entre proyectos en Gemelos digitales. Un factor contribuyente es la variedad de definiciones vistas; esto, junto con ninguna estandarización es un desafío, lo que ralentiza el progreso de la Tecnología definida anteriormente. Por último los investigadores concluyen acerca del crecimiento en dos áreas de mayor interés, Digital Twins para el cuidado de la salud y ciudades. El documento analiza cada área, destacando cómo los investigadores están desarrollando Digital Twins, al mismo tiempo que identifica desafíos y tecnologías habilitadoras clave, contribuyendo así al trabajo futuro.

Son varias las personas que han investigado sobre los gemelos digitales de manufactura, uno de estos es Roy (2020) donde este abarca el escenario actual en las industrias y el mejoramiento continuo, las industrias deben tener una mejora continua en sus procesos de fabricación. El gemelo digital, es una representación virtual de una entidad física, sirve para este propósito. Su objetivo es cerrar la brecha prevaleciente entre el diseño y etapas de fabricación de un producto mediante el flujo efectivo de información [15]. Durante la investigación el autor no presentó ningún inconveniente; sin embargo el concepto también está representado por un caso de estudio basado en un modelo DT desarrollado para un proceso de fabricación avanzado denominado soldadura por fricción y agitación. El "DT inteligente" previsto implica dos atributos esenciales, a saber, la adaptabilidad y el aprendizaje. Los beneficios de los DT en las industrias manufactureras intentan desde la identificación de proveedores, inventario de materias primas, materiales y diseño de prototipos para optimizar las actividades en el taller, control del proceso de fabricación en tiempo real y conocer el estado de salud de la maquinaria. Este DT reside en una nube que se comunica con la máquina de soldadura por fricción (FSW, por sus siglas en inglés) intercambiando datos, analizando los datos de transmisión, los diagnóstica y muestra la información en un tablero, en tiempo real. El estudio de caso tiene un inmenso potencial para ser utilizado en un futuro para construir un modelo DT más informativo.

Algunos investigadores nacionales, proponen una plataforma de apoyo a la educación virtual de procesos en una celda de manufactura flexible donde se resalta la utilización de una plataforma Web a través de material de apoyo, simulación, visualización 3D, tele-operación y tele-supervisión, para apoyar el proceso de aprendizaje [25]. Figueroa afirma que unas de las principales ventajas de la educación virtual consisten en ofrecer material de apoyo y la posibilidad de realizar simulación 3D. Sin embargo los investigadores encontraron algunas falencias durante el proceso de investigación:

Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022

- 1) **Flexibilidad:** adaptación de la celda a cambios en el ambiente, tales como la incorporación de nuevas máquinas de manufactura.
- 2) **Reconfigurabilidad:** capacidad de manufactura de diferentes productos.
- 3) **Tolerancia a fallas:** robustez al funcionamiento aún en caso de problemas.
- 4) **Nivel de aprendizaje:** la celda se debe adaptar a los niveles de aprendizaje del usuario.
- 5) **Tiempo de latencia mínimo:** la comunicación entre el cliente (usuario) y el servidor que controla una máquina en la celda de manufactura debe ser mínimo para garantizar una retroalimentación a tiempo en el cliente (usuario) quien puede intervenir en las acciones sobre la máquina.

Estos problemas han sido estudiados ampliamente, desde diferentes perspectivas: la capa física, la capa de enlace de datos y los modelos de aprendizaje, mediante proyectos que utilizan equipos reales, que muchas veces suponen costos muy elevados. En el documento, Figueroa propone una plataforma de apoyo para la educación virtual basada en material de apoyo, tele-operación y tele-supervisión y un simulador de la celda de manufactura, con el objetivo de encontrar soluciones a los problemas anteriormente citados, acercándose lo más posible a las características reales de la celda, y de esta manera desarrollar una herramienta y metodologías para obtener una formación técnica y una experiencia de aprendizaje sin requerir la inversión económica de una celda real de manufactura. Por último los investigadores concluyen que la plataforma de educación virtual como medio de apoyo al aprendizaje y manipulación de una celda de manufactura, destaca características importantes:

- Entorno de aprendizaje a distancia accesible por la Web que incluye simuladores virtuales de las máquinas de una celda real de manufactura.
- Acceso a un conjunto de máquinas que componen una celda de manufactura para realizar tareas de tele-operación y tele-supervisión.
- Un repositorio de documentación consistente en un conjunto de documentos de soporte y videos.
- Un medio de retroalimentación y supervisión permanente de los equipos de la celda de manufactura.
- Aprovechamiento de la red de alto desempeño RENATA que garantiza un flujo de datos continuo y de gran volumen para minimizar los tiempos de comunicación entre el sitio remoto y el sitio de funcionamiento de la celda logrando una retroalimentación a tiempo en el cliente quien puede intervenir sobre las acciones de una máquina.

### 3. Justificación

La siguiente investigación se enfocará en el estudio, la inversión y la fomentación del funcionamiento de los gemelos digitales, buscando expandir el panorama de estos en procesos productivos de manufactura. Debido a la gran proyección y avance tecnológico, los gemelos digitales de manufactura se han visto de buena manera como una implementación dentro de las industrias para la reducción de costos y tiempos. Así, el presente trabajo permitirá mostrar el manejo de un diseño 3D virtual a través de una

Tarjeta de adquisición y profundizar los conocimientos teóricos sobre los gemelos digitales, además de ofrecer los procesos para la conexión del software con el modelo virtual.

#### **4. Entregables**

- Modelo virtual 3D
- Archivo comparativo donde se muestre estadísticamente la productividad en las industrias que implementan gemelos digitales
- Documentación acerca de las ventajas y limitaciones que tiene la utilización de modelos digitales.
- Informe final donde se documentan todas las actividades de este proyecto.
- Publicación del rubro.
- Jornada de divulgación de conocimiento de la creación del diseño virtual con acercamiento al gemelo digital

#### **5. Objetivos**

##### **1.1. Objetivo General**

Diseñar un modelo 3D a través de un software CAD con acercamiento a un gemelo digital que permita mediante señales de una tarjeta de entradas y salidas crear y/o conectar el banco de pruebas con una interfaz física.

##### **1.2. Objetivos Específicos**

- Buscar artículos y patentes en bases de datos sobre el uso de gemelos digitales en la industria manufacturera generando información relevante en la investigación.
- Diseñar el modelo virtual 3D de una banda transportadora permitiendo simular su funcionalidad dentro de la industria mediante la herramienta de simulación en el software CAD
- Conectar el modelo virtual 3D de la banda transportadora mediante señales enviadas a través de una tarjeta de adquisición al banco de pruebas dando inicio a los gemelos digitales.
- Controlar el movimiento del modelo virtual mediante una tarjeta de adquisición simulando los movimientos virtuales dando como resultado en el movimiento en el banco de prueba.



## 6. Marco Teórico

### 1.1 Captura de movimiento corporal

Es una técnica de grabación de movimiento, en general de actores y de animales vivos, y el traslado de dicho movimiento a un modelo digital, realizado en imágenes de computadora. Se basa en las técnicas de fotogrametría y se utiliza principalmente en la industria del cine de fantasía o de ciencia ficción, en la industria de los videojuegos o también en los deportes, con fines médicos. En el contexto de la producción de una película, se refiere a la técnica de almacenar las acciones de actores humanos, y usar esa información para animar modelos digitales de personajes en animación 3D. Actualmente la captura de movimiento es el método más usado ya sea en el cine o en la industria de los videojuegos para llegar lo más posible a la realidad misma [41].

### 1.2 Alternativas técnicas

Existen distintos tipos de tecnologías. Una de las más utilizadas es la tecnología óptica (visual tracking). En este tipo de tecnología se fijan marcas activas o pasivas al sujeto a seguir y se almacena la posición de las marcas. Las marcas pasivas son iluminadas por fuentes de radiación (infrarrojos, o incluso ultrasonidos) y los rayos son reflejados hacia un detector. Las marcas activas emiten rayos hacia el detector por ellas mismas. El detector (cámara) refleja solo la posición del rayo de cada marca individual y almacena las coordenadas x e y; las imágenes no se almacenan. Estos resultados son a posteriori procesados matemáticamente y de esta forma se calculan todos los parámetros cinemáticos del movimiento [42].

Otros tipos de sistemas están basados en tecnologías no ópticas (Non-visual tracking). Dentro de este apartado podríamos citar los sistemas magnéticos: los cuales proporcionan la posición y orientación de la marca utilizando la orientación de un campo magnético creado por un emisor; y los mecánicos que utilizan un exoesqueleto que se coloca sobre el sujeto y que nos indica el movimiento de este utilizando potenciómetros u otros mecanismos en las articulaciones. Recientemente se han introducido los sensores inerciales (IMU – Inercial Measurement Unit) en este tipo de aplicaciones. Este tipo de sensores proporcionan en tiempo real la orientación 3D (Roll, Yaw, Pitch) del lugar (por ejemplo, la cabeza) donde son ubicados. [42].

### 1.3 Sensores de presencia

Es un sistema sensor modular. Teniendo en cuenta la situación personal y física, así como el entorno familiar, deportivo o laboral, determinamos el número y el tipo necesario de micro sensores. Como el WSS es un sistema abierto, el número de micro sensores se puede ampliar a petición a fin de perfeccionar la función de análisis micro sensores para la recogida de datos. Múltiples los micro sensores miden y recogen cada valor corporal o factor ambiental con gran precisión. Los micros sensores miden sólo de 0,5 a 2 cm. Los 5, 10, 15 o 20 micro sensores están interconectados y están imperceptiblemente situados en compartimentos de un chaleco especialmente diseñado (o en el exterior) [43].

### 1.4 Cableado UTP para la transmisión de datos

La base del sistema sensor es la red UTP personal: un cable de datos flexible, resistente y muy fino de 0,32 mm que transmite los datos de los micros sensores al nano-ordenador. El cableado

está imperceptiblemente entretejido en chalecos especiales o en el exterior, como por ejemplo en una cámara de un casco. Nano-ordenador para el análisis de datos  
 Los micros sensores están conectados mediante cables UTP a un nano-ordenador de 10 cm, que se coloca a la altura de la cadera en el chaleco. El nano-ordenador combina y analiza los datos y los envía a través de una conexión segura inalámbrica a una aplicación o puesto central. Este interpreta los datos y hace un seguimiento.

### 1.5 Gemelo digital

El gemelo digital o “*digital twin*” es la réplica virtual y dinámica de un sistema, producto o servicio real que, a través de la información obtenida de sensores o automatismos, modela su comportamiento. De esta forma, se posibilita su monitorización y análisis inteligente, así como la realización de simulaciones y experimentaciones sobre la réplica, sin riesgos ni costes, con el objetivo de mejorar el rendimiento y la eficacia del sistema real [35].

El paso del sistema real a la simulación virtual se puede dividir en tres fases. La primera fase es la “descripción”, es decir, la copia digital de los elementos físicos de la planta o instalación, reproduciendo su estado. Tras esto, se da pie a abordar la segunda fase de “predicción”, que permite prever problemas y aplicar técnicas de mantenimiento predictivo. Como objetivo último del gemelo virtual, la tercera fase o “simulación”, ofrece la posibilidad de comprobar la respuesta del sistema o el comportamiento del proceso ante cambios en sus condiciones, gracias a pruebas virtuales que no conllevan costes ni pérdidas de tiempo [35].

El gemelo digital (DT) significa como el virtual y contraparte computarizada de un sistema físico que se puede utilizar para simularlo para diversos fines, explotando una sincronización en tiempo real de los datos que vienen desde el campo; tal sincronización es posible gracias a la tecnología habilitadora de tecnologías de industria 4.0 y, como tal, el DT está profundamente vinculado con él.

### 1.6 Gemelo digital en la ingeniería industrial

Dentro del proyecto europeo H2020 MAYA, la investigación en DT de las fábricas basadas en CPS ha recibido un nuevo impulso. MAYA (2017) propone herramientas de simulación y previsión, potenciadas con la continuidad digital y sincronización continua del mundo real, hacia la reducción del tiempo de producción y optimización [16].

La clave para empoderar al DT en representación y simulación del ciclo de vida real de la fábrica es un modelo semántico de metadatos, que describe exhaustivamente las características de CPS. Esto se hace a través de la centralización infraestructura de soporte, una plataforma que soporta:

- El modelo semántico de metadatos, que estructura la información garantizar la continuidad digital de los datos generados fases del ciclo de vida del sistema de producción
- El marco de simulación, que se conectan diferentes metodologías de simulación y herramientas para una multidisciplinaria réplica del sistema físico
- La capa de comunicación, que asegura la conexión perfecta de CPS físico al mundo digital, para lograr sincronización y actualización en tiempo real con la enorme cantidad de datos de campo

El papel en la actualidad dentro de los sistemas de fabricación de la Industria 4.0 es explotar estas características para pronosticar y optimizar el comportamiento del sistema de producción en cada fase del ciclo de vida en tiempo real. Esto es totalmente habilitado por las tecnologías de la Industria 4.0 [16].

### 1.7 Los gemelos digitales y la automatización en los procesos manufactureros

La automatización de procesos, constituye uno de los objetivos de las organizaciones modernas permitiendo que estas permanezcan activas en el entorno. Los objetivos que busca cada organización con la introducción de automatización en cada uno de sus procesos dependen de las necesidades que avoque cada entidad, a continuación se mencionan algunos de los objetivos [26].

- Integrar diversos aspectos de las operaciones para mejorar la calidad.
- Mejorar la productividad.
- Reducir la intervención humana.
- Economizar espacio.
- Reducción de costos a largo plazo.
- Organizar el proceso para satisfacer la demanda.

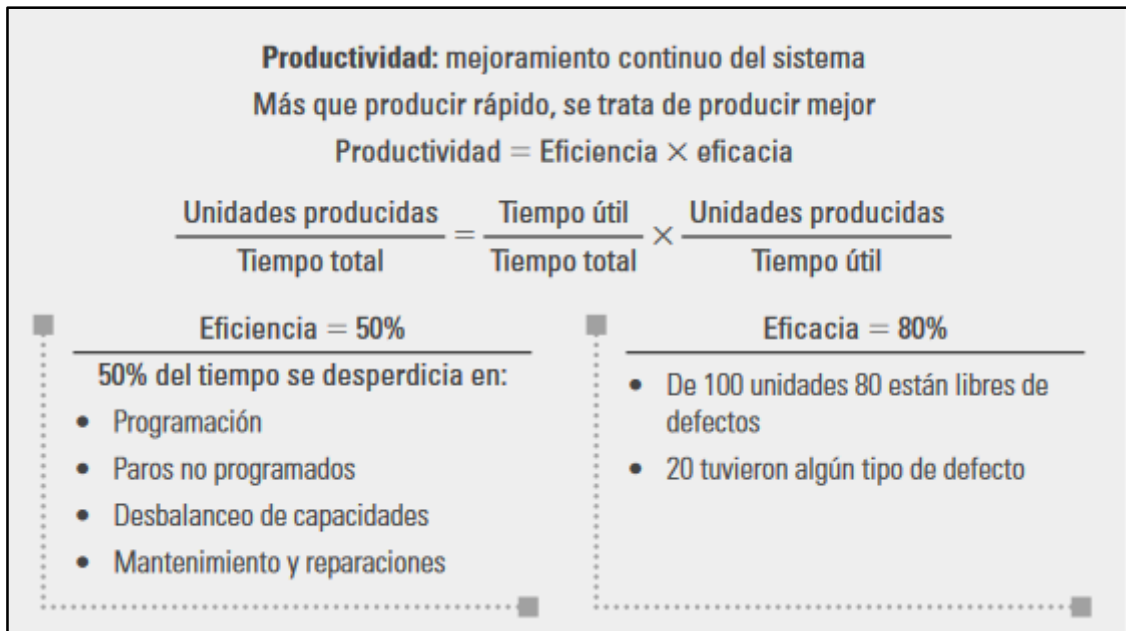
Es cada vez más frecuente encontrar empresas, con un alto grado de automatización, que utilizan celdas de manufactura en sus procesos de fabricación. El uso de tales dispositivos les permite obtener altos grados de eficiencia en la producción, mantener estándares elevados de calidad y la capacidad de realizar, con rapidez, las modificaciones que requiere el proceso productivo, para adecuarse a nuevas necesidades del mercado. Las celdas de manufactura son una herramienta que han sido fuertemente utilizadas en las empresas que se encuentran inmersas en la filosofía Lean.

### 1.8 Productividad

La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. La medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. A continuación se muestran los componentes de la productividad y se ejemplifica la definición de eficiencia y eficacia midiendo los recursos empleados a través del tiempo total y los resultados mediante la cantidad de productos generados en buenas condiciones [29].

**Eficacia:** Consiste en **alcanzar las metas** establecidas en la empresa.

**Eficiencia:** Se refiere a **lograr las metas con la menor cantidad de recursos**. Obsérvese que el punto clave en esta definición es el ahorro o reducción de recursos al mínimo.



**Tabla 1. Componentes de la productividad [Fuente: Gutiérrez Pulido (2010)]**

### 1.9 Banda transportadora

En el ámbito industrial, es vital la capacidad de trasladar productos o materias primas de un lado a otro, ya que se busca la mayor validez en cada subproceso; ejecutar tareas repetitivas de transporte es sumamente ineficiente, por esta razón, la banda transportadora es importante en las empresas.

Las bandas y rodillos transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones industriales, cuyo objetivo es el de recibir un producto de forma continua para conducirlo a otro punto. Son mecanismos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua. Las cintas o bandas transportadoras se usan extensivamente para transportar materiales agrícolas e industriales, tales como granos, carbón, etc. A menudo, para cargar o descargar buques cargueros o camiones, se utilizan en embotelladoras, en industrias farmacéuticas, en los aeropuertos para la organización y distribución de equipaje, etc. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte [30].

Para efectuar el trabajo de un punto a otro, la correa requiere potencia. La potencia es proporcionada por un tambor motriz o una polea de conducción. El torque del motor se transforma en fuerza tangencial o también llamada tensión efectiva [30].

### 1.10 Banda transportadora de goma

Las bandas transportadoras de goma son las que se utilizan comúnmente. Están constituidas por capas de materiales engomados separados por capas de otro tipo de goma intermedia para mejorar la flexibilidad y recubiertas de caucho grueso y de calidad deseada según el trabajo a realizar y el tipo de material a transportar. Normalmente se fabrican en tejidos de poliéster/poliamida, que es el material que proporciona más resistencia a la rotura y al impacto [30].



**Figura 1. Banda Transportadora De Goma (Fuente: Aestic.es)**

### **Beneficios de usar bandas transportadoras en los procesos industriales**

- Aumento de la productividad
- Tratamiento seguro al producto
- Se adaptan a las cadenas logísticas
- Ideales para todo tipo de espacios

#### **1.11 Virtualización**

Yenisleidy y Karen (2011) aclaran que “el término de virtualización es ampliamente utilizado en el marco de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones formando parte de distintos conceptos y técnicas que se aplican en las redes de computadoras actuales” [31].

Según Bob Muglia, vicepresidente para servidores y herramientas de negocios de Microsoft Corporation el término puede definirse como: “La Virtualización es una estrategia para desplegar los recursos del ordenador en diferentes capas aisladas - hardware, software, datos, red, almacenamiento entre otras.” [31].

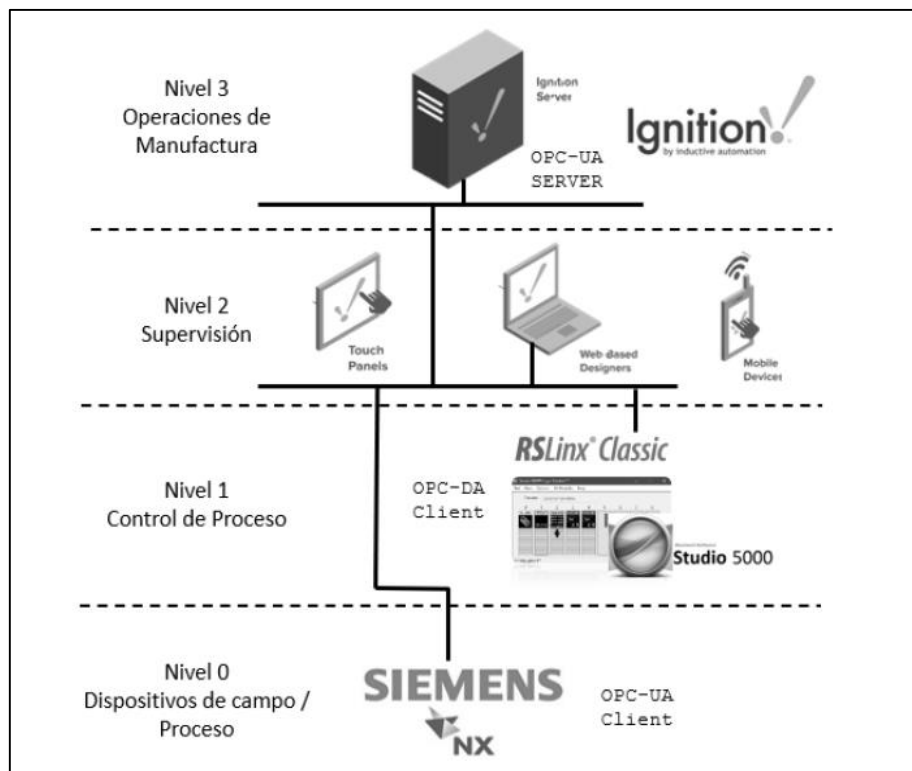
Este concepto fue desarrollado inicialmente por IBM, en la década de 1960, teniendo como principal motivación el incremento de los niveles de compartición y utilización de los costosos recursos informáticos tales como los mainframes.

La capa de virtualización es una capa de software que se adiciona entre el hardware y los sistemas operativos. Esta capa le permite a múltiples instancias de sistemas operativos correr de manera concurrente dentro de máquinas virtuales en un único servidor físico.

Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición

## 1.12 Proceso de virtualización

Un elemento esencial para realizar la conectividad de los gemelos digitales entre sí o con el exterior es contar con una plataforma que genere el puente entre dicho sistemas.



**Figura 2. Arquitectura de conectividad industrial [Fuente: Zaragoza, U. G. (2020)]**

En la figura 2 se muestran los niveles que componen un proceso de automatización, con la finalidad de darles funciones ciber-físicas y contar con funciones de monitoreo que ofrece un sistema SCADA. [33].

**Nivel 0:** Los equipos terminales de datos como sensores y actuadores son los que forman el nivel de campo. Los sensores como temperatura, óptica, presión, etc. y actuadores como motores, válvulas, interruptores, etc. Están conectados a un PLC a través de un bus de campo y la comunicación entre un dispositivo de nivel de campo y su correspondiente PLC está basado normalmente en una conexión punto a punto [36].

Tanto las redes alámbricas como las inalámbricas se utilizan para la comunicación y, al utilizar esta comunicación, el PLC también puede diagnosticar y parametrizar varios componentes [36].

**Nivel 1:** El Nivel de control es el nivel medio de la jerarquía y es el nivel donde se ejecutan todos los programas relacionados con la automatización. Para este propósito, generalmente se utilizan controladores lógicos programables o PLC, que proporcionan capacidad de computación en tiempo real [36].

**Nivel 2:** El nivel de supervisor consiste en un ordenador o computadora industrial, tipo PC de sobremesa, panel de control o en formato rack, según las necesidades de la empresa. Este ordenador central utiliza un sistema operativo estándar con un software especial, normalmente

proporcionado por el proveedor para el control de procesos industriales. El objetivo principal del software es la visualización y parametrización del proceso [36].

**Virtualización de servidores:** La virtualización de servidores es llevada a cabo en una plataforma de hardware mediante un software anfitrión que simula un entorno computacional (máquina virtual) para su software huésped. Este software huésped, que generalmente es un sistema operativo completo, corre como si estuviera instalado en una plataforma de hardware autónoma. Típicamente muchas máquinas virtuales son simuladas en una máquina física dada [31].

**Virtualización de aplicación:** La virtualización de aplicación es un término que incluye a las tecnologías de software que mejoran la portabilidad, gestión y compatibilidad de las aplicaciones, mediante la encapsulación de estas últimas del sistema operativo de la máquina en las que son ejecutadas [31].

**Virtualización de escritorio:** La virtualización de escritorio se basa en el modelo computacional cliente-servidor y se define como el proceso de aislar el ambiente de escritorio al cual tiene acceso el usuario, de su máquina física y del SO que esta ejecuta [31].

**Variador de frecuencia:** Los variadores de frecuencia son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos. Sirven para regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC). Regulando la frecuencia de la electricidad que recibe el motor, el variador de frecuencia consigue ofrecer a este motor la electricidad demandada, evitando así la pérdida de energía, o lo que es lo mismo, optimizando el consumo [39].

**Motor trifásico:** Son motores que están diseñados para trabajar con corriente alterna (AC) trifásica, transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores [38].

**Bobinas:** Las bobinas son un elemento pasivo de dos terminales capaz de generar un flujo magnético cuando se hace circular una corriente eléctrica, están conformadas por un alambre o hilo de cobre esmaltado enrollado en un núcleo, estos núcleos pueden tener diferente composición ya sea al aire o en un material ferroso [40].

**Cables de fase:** Es por el que entra la corriente eléctrica, se debe tener cuidado, pues, se habla de una tensión de 220 o 230 voltios.

## 7. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los aspectos de la implementación de gemelos digitales en una banda transportadora?

## 8. Metodología

El objetivo de estudio será realizar un modelo digital 3D a través de un software CAD, donde este nos permite tener un inicio al acercamiento del gemelo digital. Considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico-práctico se procederá a realizar una investigación exploratoria. Para conocer al detalle la influencia de implementar el gemelo digital dentro del proceso productivo de una banda transportadora.

Según Cazau (2021) “La investigación exploratoria tiene como objetivo examinar o explorar un problema de investigación poco estudiado o que no ha sido analizado antes. Por esa razón, ayuda a entender fenómenos científicamente desconocidos, poco estudiados o nuevos, apoyando en la identificación de conceptos o variables potenciales, identificando relaciones posibles entre ellas” [21].

La investigación exploratoria, también llamada formulativa, permite conocer y ampliar el conocimiento sobre un fenómeno para precisar mejor el problema a investigar. En la investigación exploratoria se estudian qué variables o factores podrían estar relacionados con el fenómeno en cuestión, y termina cuando uno ya tiene una idea de las variables que juzga relevantes, es decir, cuando ya conoce bien el tema [21].

El trabajo será presentado a través de un enfoque cuantitativo, puesto que es el enfoque más acertado para el proyecto. Un enfoque cuantitativo de la investigación permite alcanzar un análisis sistemático de información más subjetiva.

En este trabajo se utilizara el método de muestreo no probabilístico, el cual autores como Espinoza indica que: “no se conoce la probabilidad que tienen los diferentes elementos de la población de estudio de ser seleccionados” [22]. Debido a que se realizará un muestreo “bola de nieve” donde se aprovechará investigaciones que correspondan al propósito del estudio.

La técnica de recolección de datos a utilizar en el proyecto será a través de diferentes artículos de investigación científica.

Según Artiles (1995) la UNESCO declara el artículo científico como: “la finalidad esencial de un artículo científico es comunicar los resultados de investigaciones, ideas y debates de una manera clara, concisa y fidedigna; la publicación es uno de los métodos inherentes al trabajo científico. Es preciso establecer estrategias de publicación bien elaboradas y seguir con conocimiento de causa una serie de normas adecuadas para facilitar el intercambio entre científicos de todos los países y reducir a proporciones razonables el incremento del volumen de publicaciones” [17].

El instrumento a utilizar para la recolección de información relevante en cada artículo científico será el PRISMA.

PRISMA-P consta de una lista de verificación de 17 elementos destinada a facilitar la preparación y presentación de informes de un protocolo sólido para la revisión sistemática [34].

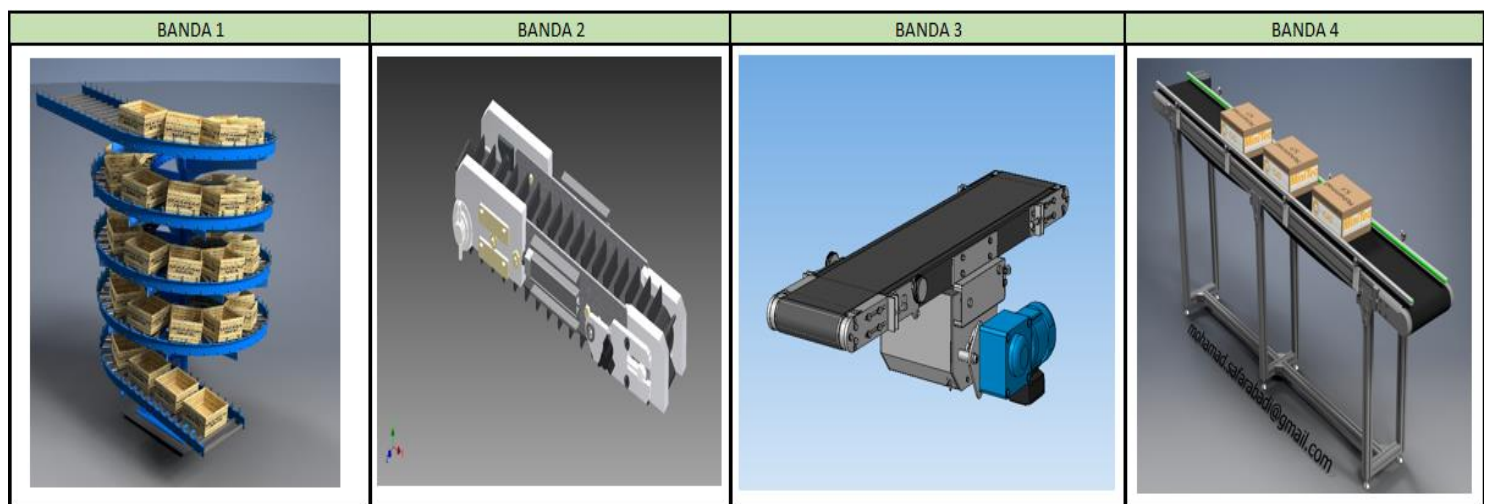
Los revisores y editores pueden utilizar la guía para evaluar la integridad y transparencia de un protocolo de revisión sistemática enviado para su publicación en una revista u otro medio. Los



protocolos detallados y bien descritos pueden facilitar la comprensión y la evaluación de los métodos de revisión [34].

Para exponer la información relevante de los artículos científicos se llevará a cabo la elaboración del PRISMA donde se utilizará como herramienta de ayuda la plantilla “Síntesis de información relevante” y la aplicación Microsoft Word.

Se Relacionaran los procesos de virtualización, es por ello que se enfoca en empezar con un modelo virtual de una banda transportadora, donde se realice una conectividad de primer nivel (0) e intentaremos conectar el banco de pruebas con el modelo virtual 3D con el fin de medir algunos procesos y determinar la posible productividad que nos generará el gemelo digital.



**Figura 3. Bandas Transportadoras (Fuente: Propia)**

Al realizar el estudio lo hemos enfocado en recrear una banda transportadora como modelo 3D. Durante la búsqueda se han encontrado diferentes referencias de bandas transportadoras en el internet específicamente en el sitio WEB “*grabcad*”. En la figura 3 se muestran las principales bandas transportadoras halladas durante el proceso investigativo, sin embargo no todas cumplen con los requerimientos para nuestro trabajo.

Después de tener los modelos virtuales se realiza una tabla comparativa verificando los componentes de cada banda transportadora virtual, analizando cada elemento que lo componen y su acotación con el objetivo del trabajo investigativo.

**Banda 1:** Esta banda transportadora es de forma espiral, trabaja de forma independiente, no cuenta con un motor que engrane los sistemas de movimiento, tampoco tiene una cinta que recubra los rodillos, y su gran tamaño hace que la simulación en el sistema CAD NX conlleve un grado de dificultad superior.

**Banda 2:** La segunda banda transportadora en comparación con la primera, cuenta con un motor que engrana los sistemas de movimiento, tiene una cinta con forma de piñón mecánico, y su tamaño es relativamente pequeño en comparación con la primera, haciendo de ésta el proceso de simulación en el sistema CAD NX es mucho más sencillo.

**Banda 3:** La tercera banda también cuenta con un motor que engrana los sistemas de movimiento, su cinta es de forma plana, y su tamaño es similar a la segunda banda, su proceso de simulación en el sistema CAD NX es sencillo.

**Banda 4:** Esta banda transportadora cuenta con un motor que engrana los sistemas de movimientos, un soporte de sujeción, objetos que transporta, su cinta es de forma plana, su tamaño es relativamente pequeño, y su proceso de simulación en el sistema CAD NX es sencillo.

Sin embargo, el trabajo se enfoca en tener una banda lo más cercana posible a la industria, es por ello que se ha descartado las tres primeras bandas, y se trabajara en realizar la simulación en la cuarta banda.

Como se menciona anteriormente esta cuenta con una cinta plana, un soporte de sujeción, y un motor que engrana los sistemas de movimiento. Tiene los componentes necesarios para realizar la conectividad y simular los movimientos en el banco de pruebas.

Banda transportadora	Otro componente mecanico
Es un componente mecanico que es utilizado en diferentes procesos dentro de la industria	Son utilizados en procesos especificos con una sola labor
Es un instrumento indispensable en la automatización e industria 4.0	Es utilizado en determinadas industrias
Nos permite visualizar su funcionamiento de una manera más sencilla	La simulacion de los componentes tiene un grado alto de complejidad
Sus componentes mecánicos son elementales donde se cuenta con un motor, pulsadores, una banda, un control electrónico	Sus componentes mecanicos son de mayor complejidad

**Tabla 2. Comparación Banda-Componente Mecánico (Fuente: Propia)**

La banda transportadora como modelo virtual 3D da la posibilidad de realizar funciones básicas, tales como: encendido/apagado, aumento de velocidad de la banda, avance o paro de la banda; las cuales están directamente relacionadas con las variables y funciones que se desean medir.

Banda transportadora	Banco de pruebas
Motor	Motor
Pulsadores	Pulsadores
Conexiones	Conectores
Control electronico	PLC
Control de movimiento	Variadores de frecuencia

**Tabla 3. Comparación Banda-Banco de pruebas (Fuente: Propia)**

En la tabla 3 se realiza la comparación de los componentes entre la banda y el banco de pruebas. Se observa que el banco de pruebas de la universidad cuenta con unos componentes de trabajo con diferentes características tales como motor, PLC, conectores, pulsadores, variador de frecuencia, nanómetro, tacómetro, etc. Estas características se adaptan a una banda transportadora, la cual cuenta con los mismos componentes del banco de prueba. Por lo tanto se ajusta a el proceso investigativo exploratorio.

Los componentes de la banda se asemejan con los componentes del banco de prueba este le permitirá realizar pruebas simuladas de movimientos en el modelo virtual 3D dando como resultado los movimientos en el banco de prueba, sin la necesidad de contar con una banda transportadora real. Se podrá emular las características de la banda en el banco de prueba.

Para lograr la simulación del movimiento físico de la banda, se apoyó en un sistema digital NX, también conocido como SIEMENS NX, el cual es un paquete de software CAD. “El software NX de Siemens es una solución integral potente y flexible que le ayuda a ofrecer productos mejorados de forma más rápida y eficaz. NX ofrece un conjunto integrado de herramientas que coordina distintas disciplinas, preserva la integridad de los datos y la intención de diseño y optimiza el proceso al completo, a la vez que da soporte a todos los aspectos del desarrollo de productos, desde el diseño de conceptos hasta la ingeniería y la fabricación”[32].

Para la simulación del modelo virtual en el sistema CAD NX, se sustentó en el trabajo de grado “Validación y verificación de un sistema de manufactura virtual bajo control discreto con funcionalidades ciber-físicas” [33]. La tesis se enfoca en mostrar pautas de manera comprensible y sistemática que permitan la validación y certificación de un sistema de manufactura bajo control discreto con funcionalidades ciber-físicas.

Zaragoza (2020) dentro de su trabajo dispone de Guías para validación y verificación virtual - Lógica/Control [33]. Algunas pautas tomadas para la simulación del modelo virtual en el sistema CAD NX son ofrecidas por las diferentes guías empleadas en la investigación de Zaragoza.

Para recrear el proceso de conectividad con un modelo virtual se creó un listado de actividades que se deben cumplir en su totalidad y lograr resultados similares al trabajo investigativo.

Los pasos a seguir se listan en orden cronológico, donde no se podrá abarcar el paso subsecuente sin hacer el antecesor.

**Paso 1:** Buscar o dibujar un modelo 3D en un software de diseño asistido por computador.

Existen diferente software que ofrecen periodos de pruebas gratuitos, tales son: inventor Autodesk, AutoCAD, Solidworks, entre otros. Se recomienda diseñar un modelo que cuente con ciertas características, tales como piezas que cuenten con movimientos en cualquiera de los 3 ejes, motor o controladores que ejerzan el movimiento de las piezas, y/o sensores de movimiento, estas características son requeridas, pues lo que se quiere hacer es simular el movimiento real del modelo en el software CAD.

**Paso 2:** Encontrar un software de diseño asistido por computadora, que cuente con un módulo mecatrónico (Mechatronics Concept Designer) el módulo mencionado anteriormente permite recrear y validar conceptos de diseño alternativos en las primeras fases del ciclo de desarrollo. Este módulo cuenta con unos datos que incluyen las articulaciones, el movimiento, los

Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición

sensores, los actuadores, el comportamiento en caso de colisión y otras propiedades cinemáticas y dinámicas de cada componente. Esto permite una simulación interactiva basada en la física para verificar el funcionamiento de la máquina. Esta verificación le ayuda a detectar y corregir errores en el modelo digital [37].

Durante el proceso de investigación se encontraron algunos CAD que cuentan con la herramienta “Diseñador de conceptos mecatrónico” (Mechatronics Concept Designer) estos CAD son:

- Creo
- Catia (computer-aided three dimensional interactive application)
- NX siemens

**Paso 3:** Contar con un servidor OPC, que le permita realizar la conexión entre el software CAD y la tarjeta de adquisición. Para nuestra investigación utilizamos “kepsserver”. Durante la investigación exploramos diferentes software 's OPC que nos permitían realizar la conexión entre la tarjeta de adquisición y el CAD, que en nuestro caso utilizamos el NX.

Los servidores de conexión son los siguientes:

- KepsServer
- Labview
- DxpServer

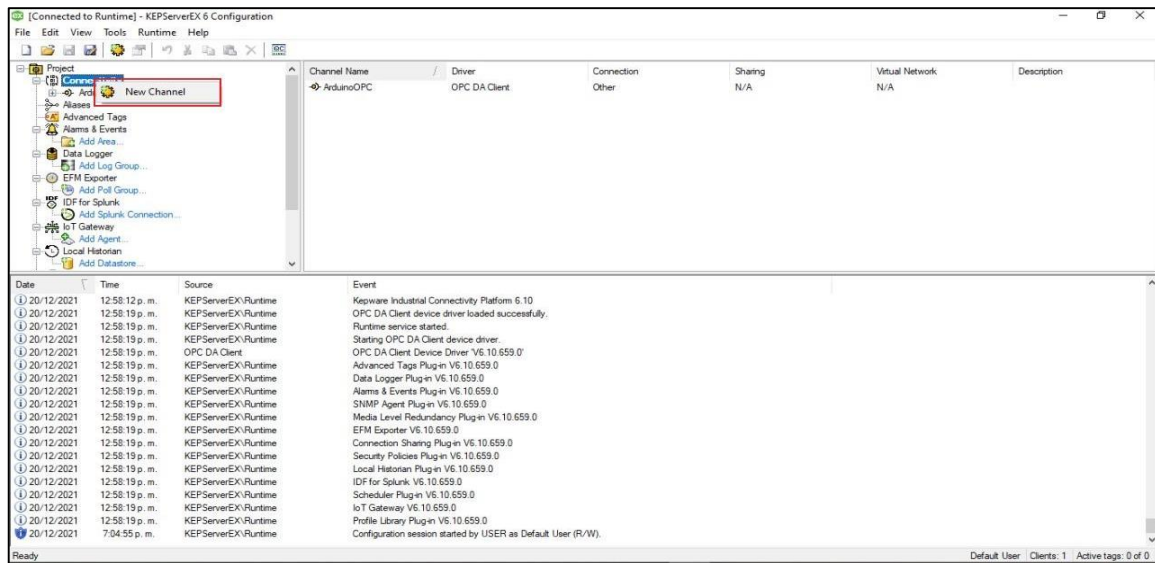
**Paso 4:** Tener un arduino que permita realizar la conexión entre el servidor OPC DA- NX. En nuestra investigación optamos por un arduino UNO. La diferencia entre arduinos es la necesidad y capacidad de conexiones que se quieren lograr.

## ARDUINO-OPC DA

En esta etapa de la automatización se explicará cómo llevar a cabo la conexión entre Arduino-KepServer, a través de un servidor OPC DA. Este paso es el encargado de dar las señales de comunicación entre el Arduino y el servidor OPC.

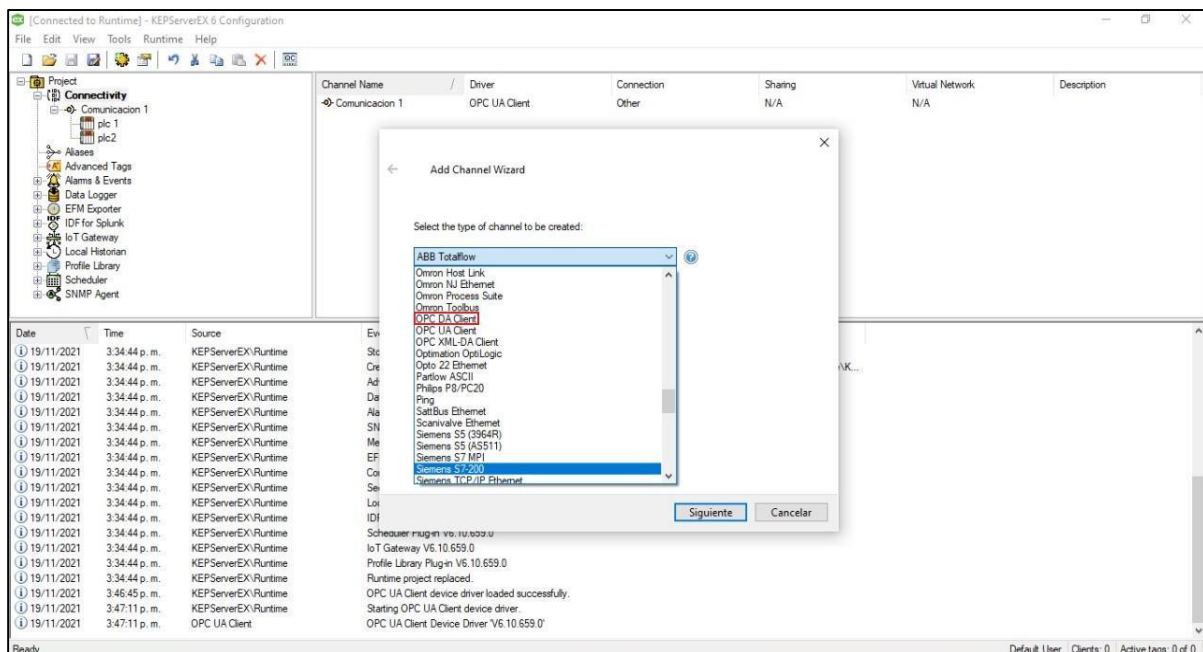
Sin embargo antes de llevar a cabo esta etapa, es muy importante tener los cuatro pasos mencionados anteriormente presente. Haber logrado simular los movimientos en el modelo CAD, y poder parametrizar dichos movimientos, si no se logra obtener resultados no será posible establecer algún tipo de conexión

El primer paso a seguir en esta etapa es crear el canal donde se encontrarán todas las señales que se conectarán; este será el servidor visible y el cual será conectado en el software CAD. En la Figura 4 se muestra el indicativo para la creación del canal.



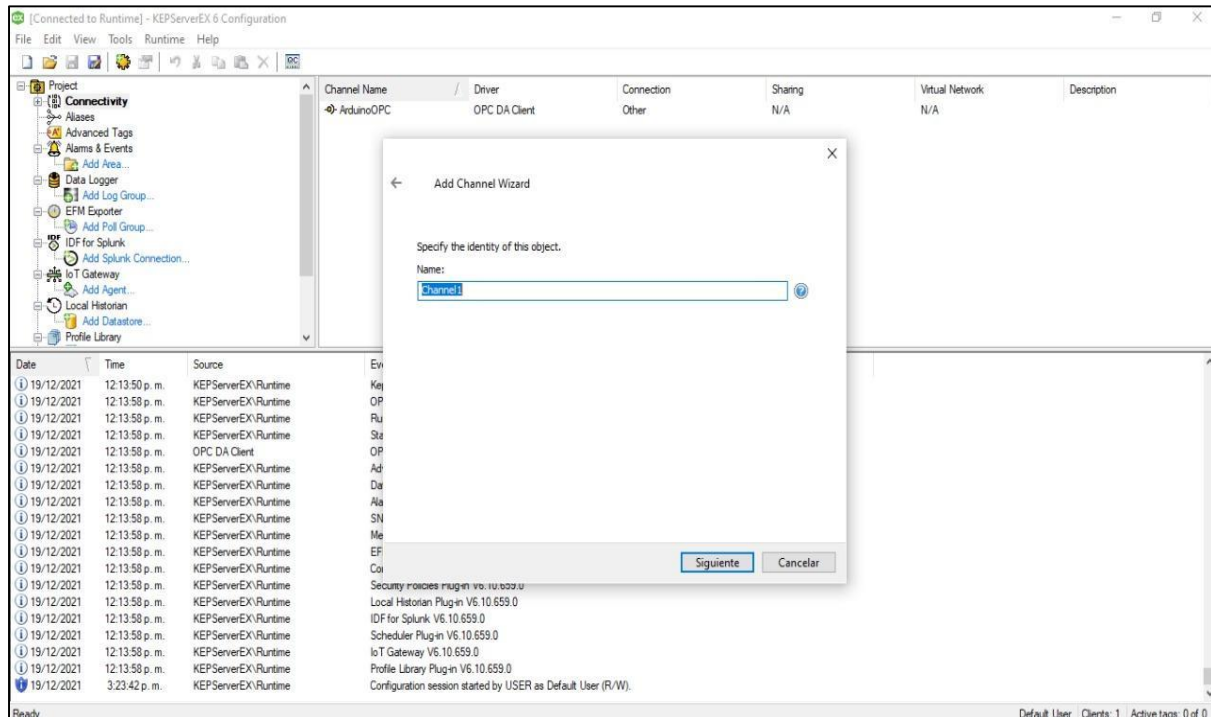
**Figura 4. Canal KepServer (Fuente: Propia)**

Después de haber creado el canal de señales, se buscara el módulo por el cual se quiere conectar a nuestro software CAD, en el caso del proyecto será el OPC DA. Como se muestra en la figura 5



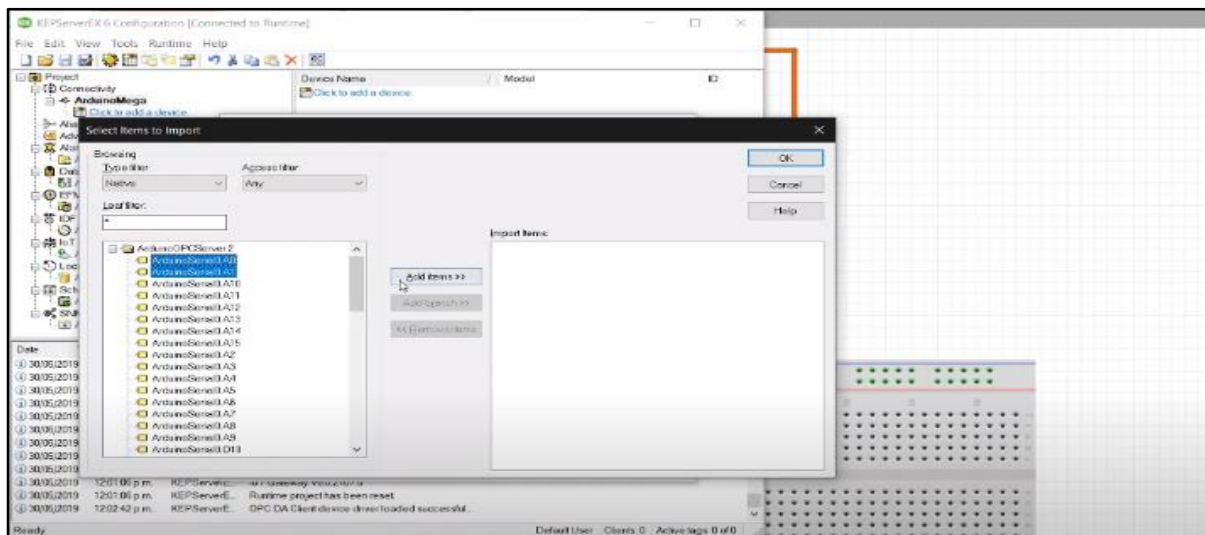
**Figura 5. Módulo de Conexión (Fuente: Propia)**

Como se muestra en la figura 6 se nombra el canal, y dejaremos todos los valores del canal tal y como se encuentran por predeterminado.



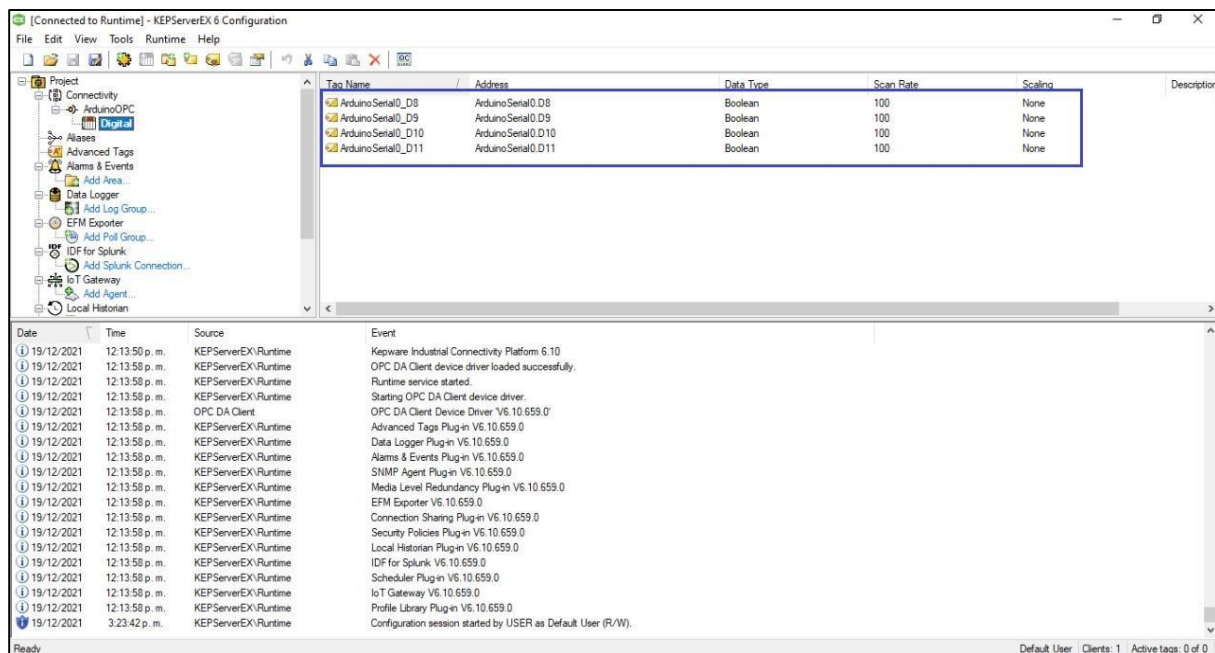
**Figura 6. Nombre del canal (Fuente: Propia)**

Al crear el canal de señales, realizaremos la conexión de nuestros dispositivos, en el caso del proyecto es el arduino UNO, ingresando cada uno de los puertos que serán utilizados al canal creado anteriormente. En la Figura 7 se logra visualizar con mayor claridad y precisión.



**Figura 7. Ingreso de puertos al servidor (Fuente: Propia)**

Al finalizar los pasos se logra establecer la conexión entre el servidor OPC DA con el arduino UNO. Como se muestra en la siguiente imagen. Figura 8

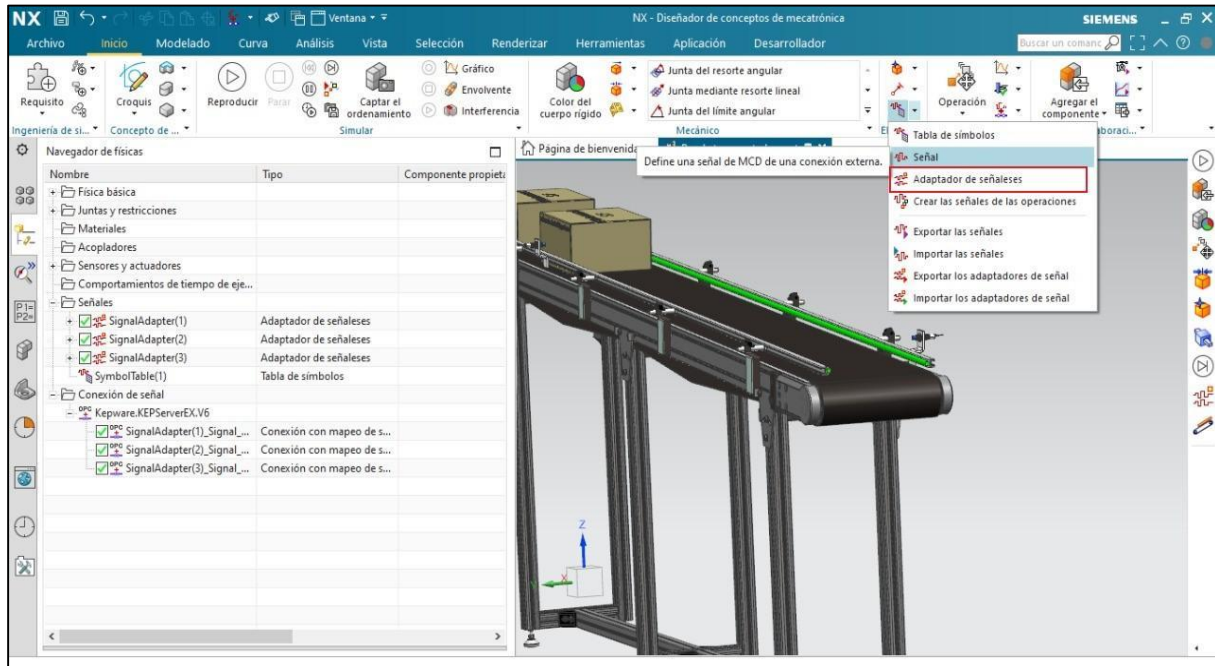


**Figura 8. Conexiones establecidas (Fuente: Propia)**

## SEÑALES NX

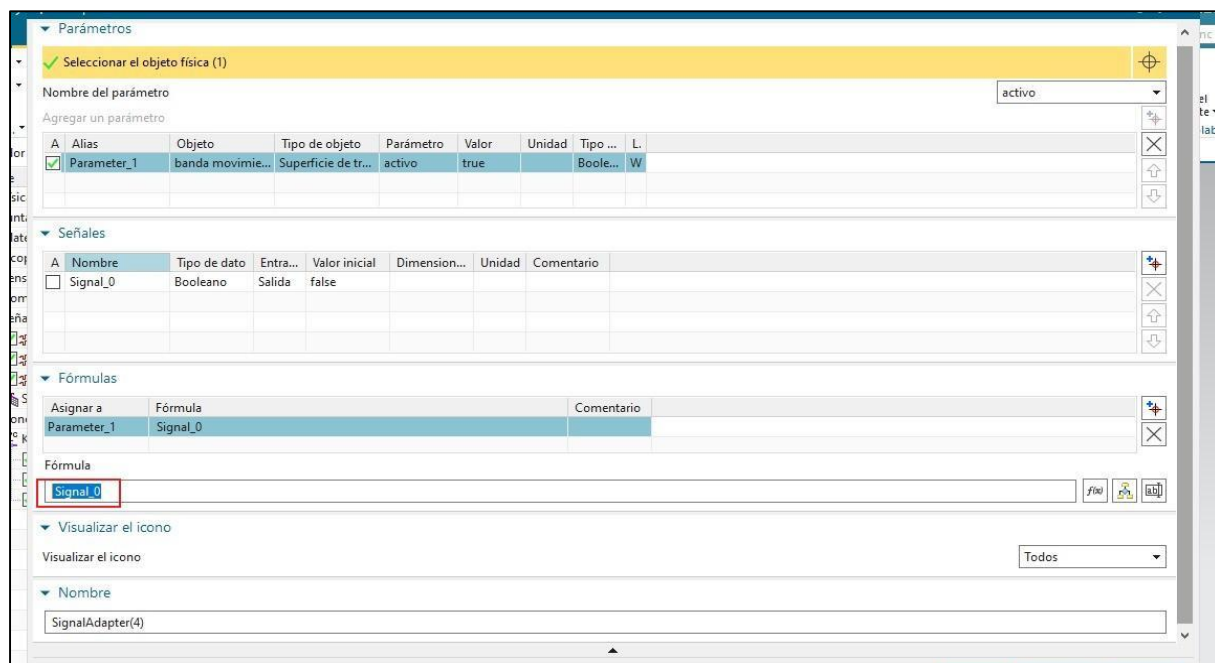
En esta fase de la programación lógica se realizara las señales en el software CAD que serán enlazadas con el servidor OPC DA, y posteriormente al banco de pruebas, logrando establecer las señales que se ejecutarán para simular el movimiento en el modelo virtual 3D y en el modelo físico-real.

Una vez se tenga el modelo CAD simulado crearemos las señales con la herramienta “adaptador de señales”. Este permitirá crear las señales en NX, las cuales se mapearan con nuestras señales externas logrando la conexión.



**Figura 9. Adaptador de señales (Fuente: Propia)**

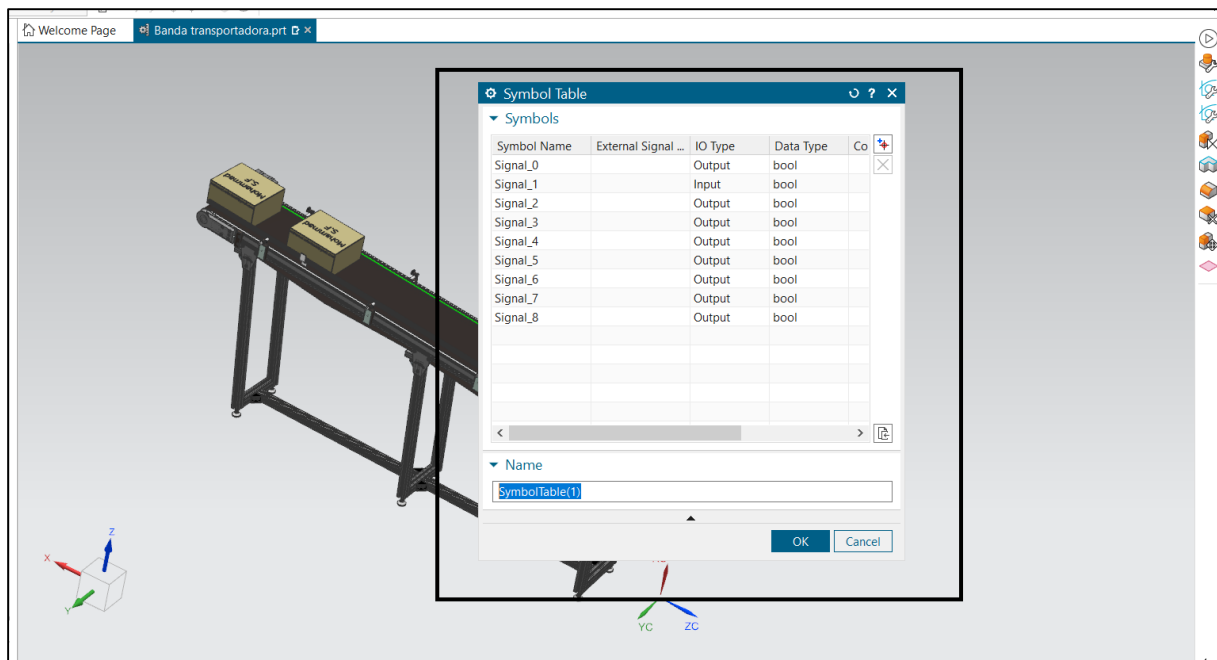
Una vez abierto el “adaptador de señales” se abrirá un recuadro donde nos da la posibilidad de seleccionar el objeto a controlar asignándole una fórmula a la señal.



**Figura 11. Formulación a la señal (Fuente: Propia)**

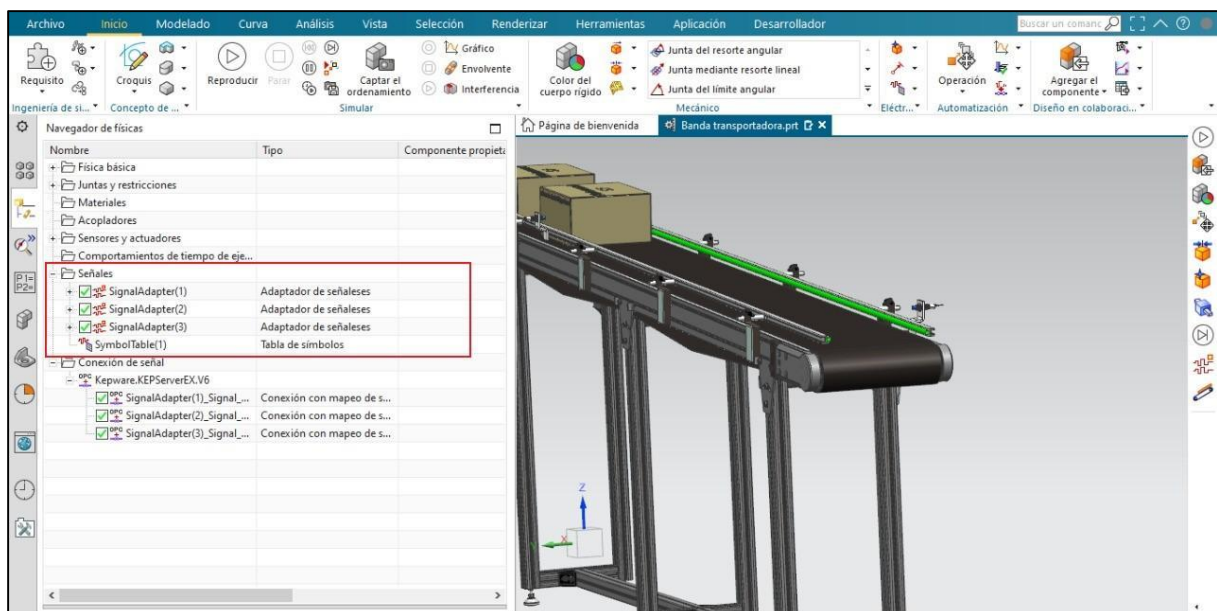


Al finalizar de crear la señal procederemos a crear una tabla de señales, en ella se encontrarán todas las señales que deseemos crear.



**Figura 12. Tabla de señales (Fuente: Propia)**

Una vez se finalice de crear todas las señales necesarias, se tendrá en el navegador de físicas las señales ya instaladas y dispuestas para mapear con las señales externas a NX

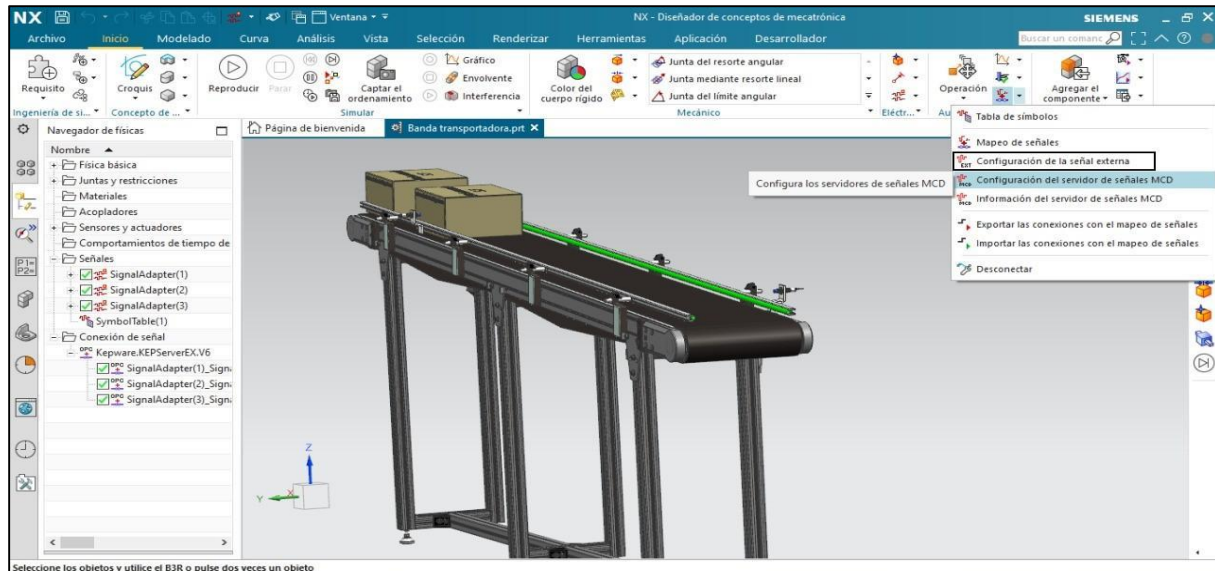


**Figura 13. Señales (Fuente: Propia)**

## OPC DA-NX

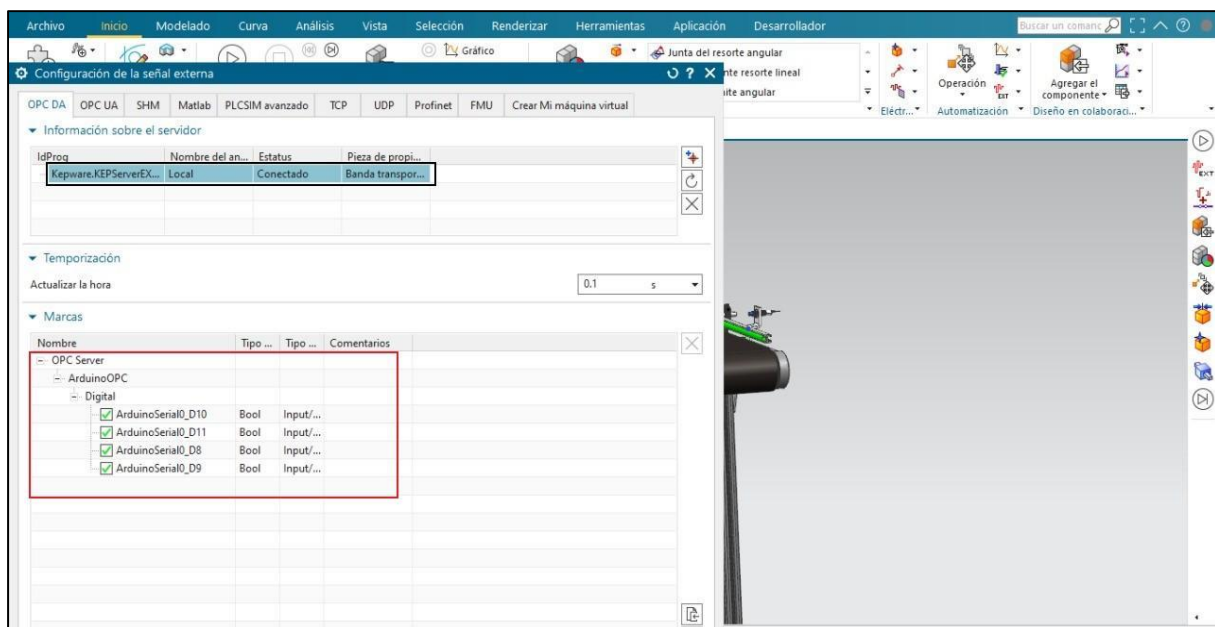
Llegando al final de la etapa de automatización, la cual consiste en conectar las señales creadas en OPC DA con el software CAD. Mediante la asociación de señales.

Lo primero que se debe lograr es enlazar los dos programas, para ello se emplea la herramienta “configuración de la señal externa”, esta permite detectar dispositivos externos a NX.



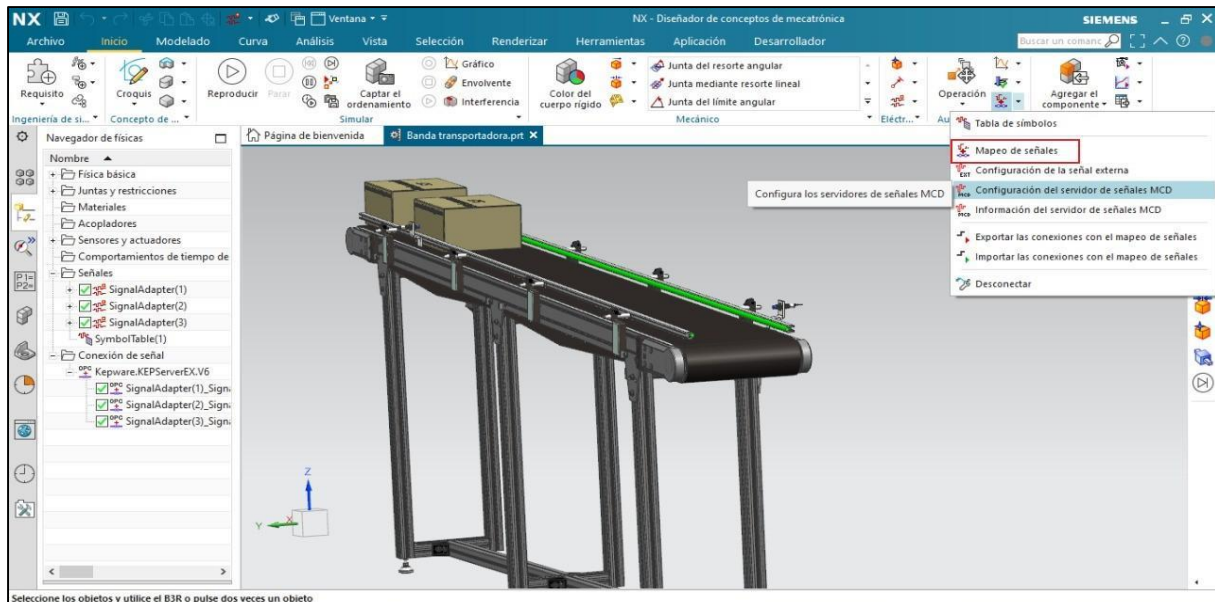
**Figura 14. Configuración de señal externa (Fuente: Propia)**

Una vez se haya abierto la herramienta de “configuración de la señal externa” se buscara el servidor creado anteriormente en KepServer y lo enlazaremos con el software CAD. En él aparecerán las conexiones del arduino y el servidor OPC DA.

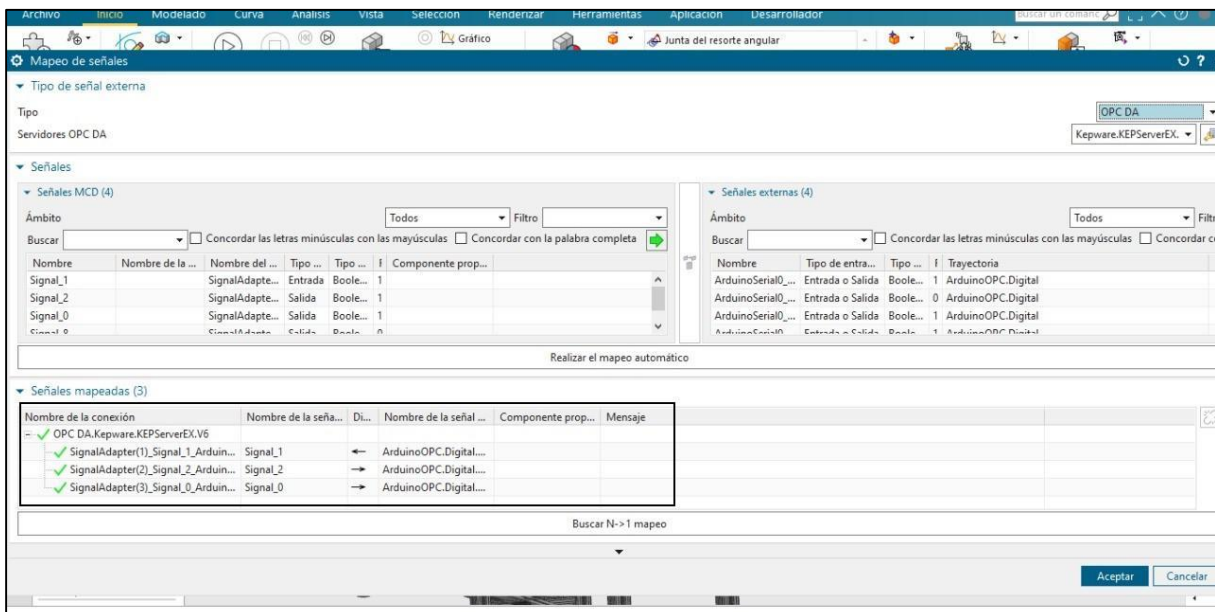


**Figura 15. Enlace de servidores (Fuente: Propia)**

Tras conseguir la conexión con el servidor, lo segundo que se debe lograr hacer es asociar las señales que previamente creamos en el canal OPC DA con nuestras señales en NX. Por lo tanto se emplea la herramienta llamada “Mapeo de señales” esta permite asignar señales externas con internas.

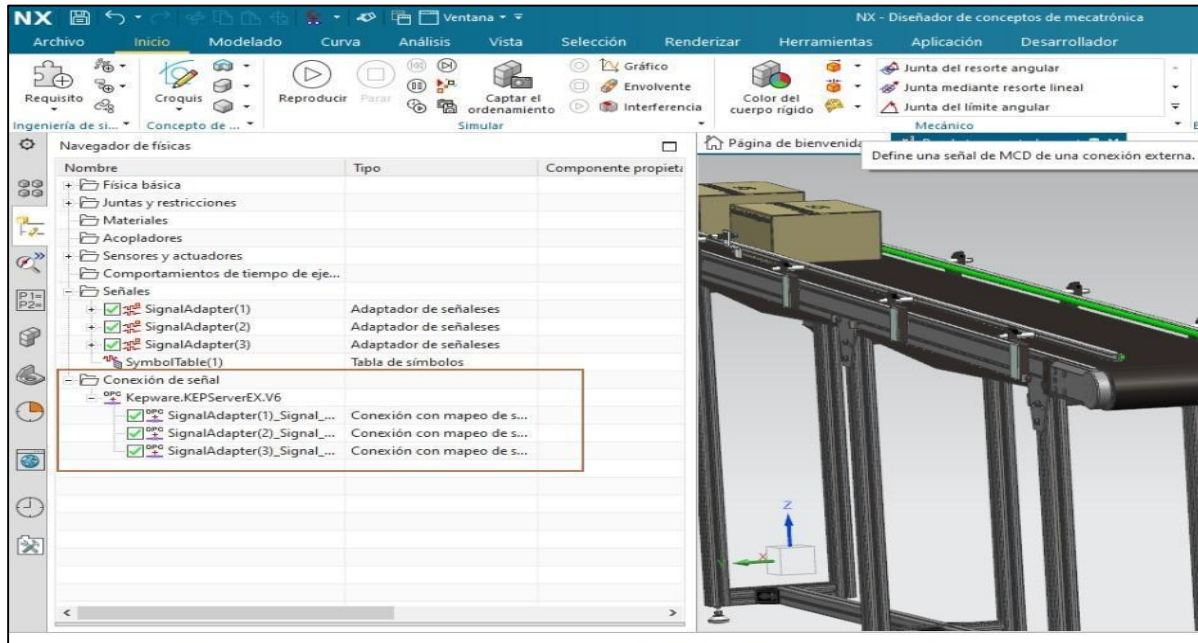


**Figura 16. Mapeo de señales 1 (Fuente: Propia)**



**Figura 17. Mapeo de señales 2 (Fuente: Propia)**

Una vez realizado el mapeo entre las señales internas y externas se consigue la plena conexión entre los tres programas que se han mencionado anteriormente.

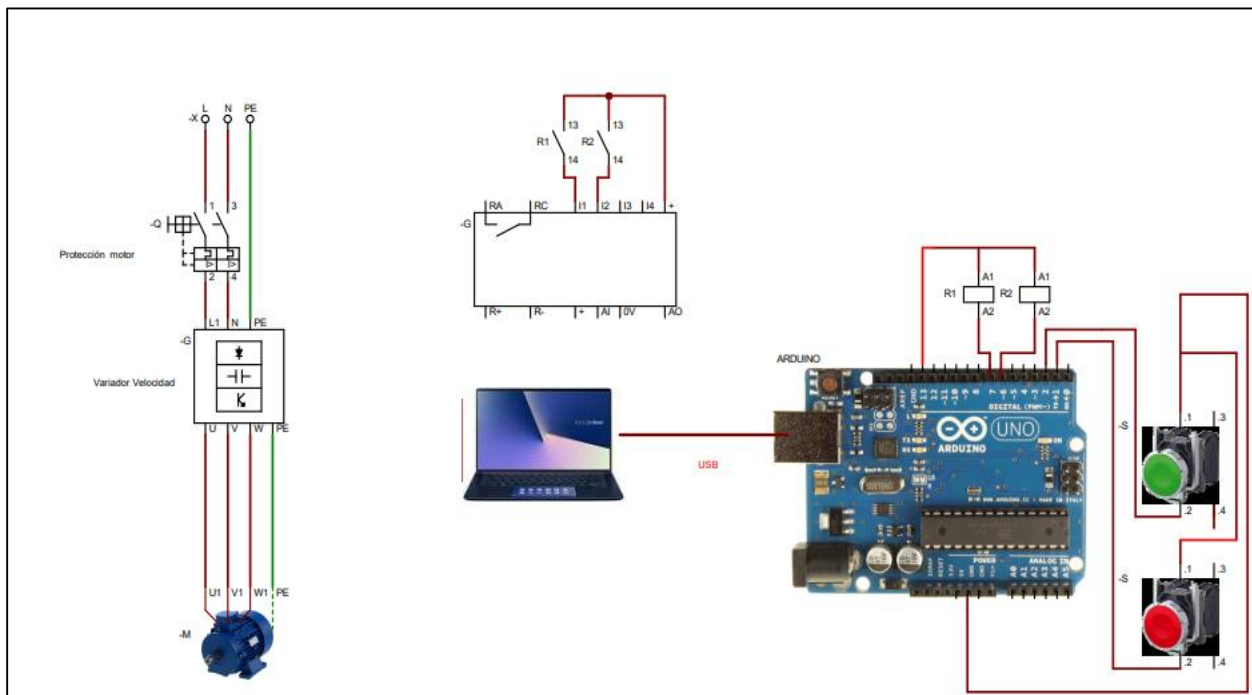


**Figura 18. Conexión establecida (Fuente: Propia)**

En el navegador de físicas se podrá visualizar ya la conexión de las señales externas con las internas. Teniendo ya la conexión es posible llevar a cabo la simulación y actividades del modelo virtual 3D en el modelo físico-real.




### CONEXIÓN BANCO DE PRUEBAS
















En la figura 19 se muestra la conexión que hay entre el banco de pruebas, arduino y PC, que mencionado anteriormente es quien hará el puente entre el BANCO DE PRUEBAS y NX. De esta manera se logra establecer la conexión entre los tres dispositivos.



**Figura 19. Conexión Banco De Prueba (Fuente: Propia)**

## 9. Cronograma de Actividades

Duración   
 Inicio real   
 % completado 

ACTIVIDAD	INICIA EN SEMANA	SEMANAS	PORCENTAJE COMPLETADO	SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Buscar artículos y patentes del uso del Gemelo Digital (DT) en aplicaciones industriales	1	1	100%																
Elaborar el PRISMA de los artículos más relevantes	2	1	100%																
Elaborar piezas	3	2	100%																
Elaborar ensambles	5	2	100%																
Elabora planos del modelo virtual	5	1	100%																
Programar el movimiento del gemelo digital con conexiones mediante una tarjeta de adquisición	5	7	100%																
Controlar el movimiento del modelo virtual a través del banco de pruebas	8	1	100%																

Elaboración de guía del uso del DT	15	1	100%																
Escritura del informe final	1	16	100%																

### 10. Resultados Esperados

Para los resultados esperados nos basaremos en el cumplimiento de nuestro objetivo principal. Logrando alcanzar cada uno de los objetivos específicos donde expresamos uno a uno de los resultados que esperamos lograr. Estos resultados se verán expresados a lo largo del proyecto. A continuación se realizará una lista con los resultados esperados durante la realización del proyecto.

- ❖ Modelo virtual 3D
- ❖ Guía de uso al DT
- ❖ Ponencia del anteproyecto

Se espera incluir el proyecto al funcionamiento oportuno de las instalaciones de la universidad **ECCI-MEDELLIN**, haciendo de este un recurso necesario para la interacción y conectividad de la virtualidad con objetos reales donde cada uno de los estudiantes de la universidad podrá tener acceso a esta. Además de ello se espera tener una base de conocimiento en futuros investigadores, y/o estudiantes del área de ingeniería. Con este anteproyecto, se espera consolidar los semilleros de investigación en la facultad de ingeniería de la universidad **ECCI**, por último esperamos realizar una publicación del trabajo de investigación en diferentes medios académicos a nivel nacional e internacional.

## 11. Presupuesto

Concepto	Tiempo (h/cada 3 semanas)	Moneda	Precio unitario	Meses	Precio total
<b>Gastos del personal</b>					
Asesor del proyecto	4	Pesos	\$ 50.000	4	\$ 800.000
Asesor de conectividad	4	Pesos	\$ 50.000	4	\$ 800.000
Asesor Investigador	4	Pesos	\$ 50.000	4	\$ 800.000
Investigador 1	10	Pesos	\$ 25.000	4	\$ 1.000.000
Investigador 2	10	Pesos	\$ 25.000	4	\$ 1.000.000
Investigador 3	10	Pesos	\$ 25.000	4	\$ 1.000.000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>42</b>		<b>\$ 225.000</b>		<b>\$ 5.400.000</b>

Concepto	Moneda	Precio unitario	Unidades	Precio total
<b>Equipo</b>				
Kinect	Pesos	\$ 445.598	1	\$ 445.598
Computador	Pesos	\$ 3.099.900	1	\$ 3.099.900
LabVIEW edición base	Pesos	\$ 500.000	1	\$ 500.000
Licencia software CAD	Pesos	\$ 8.464	1	\$ 8.464
Camara	Pesos	\$ 2.000.000	2	\$ 4.000.000
Microfonos	Pesos	\$ 55.000	1	\$ 55.000
Motor electrico	Pesos	\$ 400.000	1	\$ 400.000
Mouse	Pesos	\$ 35.000	1	\$ 35.000
Proyector	Pesos	\$ 600.000	1	\$ 600.000
Teclado	Pesos	\$ 90.000	1	\$ 90.000
Multitoma	Pesos	\$ 19.000	1	\$ 19.000
Parlantes de sonido	Pesos	\$ 115.000	1	\$ 115.000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 7.367.963</b>	<b>13</b>	<b>\$ 9.367.963</b>

Concepto	Moneda	Precio unitario	Unidades/ día	Precio total
<b>Materiales e insumos</b>				
Alimentación	Pesos	\$ 12.000	5	\$ 60.000
Viajes	Pesos	\$ 2.400	5	\$ 12.000
Fotocopias	Pesos	\$ 5.000	30	\$ 150.000
Papeleria	Pesos	\$ 50.000	1	\$ 50.000
Energia	Pesos	\$ 400.000	1	\$ 400.000
Extension Electrica 10mts	Pesos	\$ 37.000	1	\$ 37.000
Mesas	Pesos	\$ 118.000	1	\$ 118.000
Sillas	Pesos	\$ 55.000	5	\$ 275.000
Base de datos	Pesos	\$ 411.739	12	\$ 4.940.872
Cables de conexión 50 mts	Pesos	\$ 91.000	1	\$ 91.000
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$ 1.182.139</b>	<b>62</b>	<b>\$ 6.133.872</b>

## 12. Conclusiones

En el proyecto se presentan el patrón para implementar la conexión y verificación de un modelo digital 3D bajo los parámetros preestablecidos y los medios en existencia. Para su aplicación, se propuso realizar la conexión de señales mediante una tarjeta de entradas y salidas, considerando servidores OPC que funciona como interfaz de comunicación entre una o más fuentes de datos. Inicialmente se mostrarón las pautas para el funcionamiento del modelo virtual, buscando realizar las conexiones y garantizar el funcionamiento del modelo 3D, creando unas etapas para la puesta en marcha y el control del objeto físico y real.

Se mostró el procedimiento, las herramientas, y la conformación requerida para el desarrollo del modelo virtual, la captura de señales, el movimiento físico y virtual del modelo. Incorporando una tarjeta de adquisición, un banco de pruebas que cuenta con diferentes componentes mecánicos. Se identifica la relación del modelo virtual con los acercamientos a un gemelo digital de manufactura y determinación en los modelos físicos reales. Se mostraron los elementos a tener en cuenta para la validación y conexión del modelo con el mundo físico-real. El tipo de físicas que debe ser asignado de acuerdo a la funcionalidad del componente.

En el documento se describe la configuración del servidor OPC DA, permitiendo conectar dispositivos, servidores. Con esto, se emplea la comunicación para validar y verificar un sistema de manufactura digital bajo controles físicos.

Al incorporar todas las bases y herramientas se observa que se puede tener una visión general de todas las prácticas utilizadas, el control del modelo virtual a través del componente físico, o viceversa. Partiendo desde el diseño del modelo 3D, abarcando las físicas necesarias, la formulación de señales y la conexión entre sistemas a través de un servidor.



## ANEXO 1. BANCO DE PRUEBAS



Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022













Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022



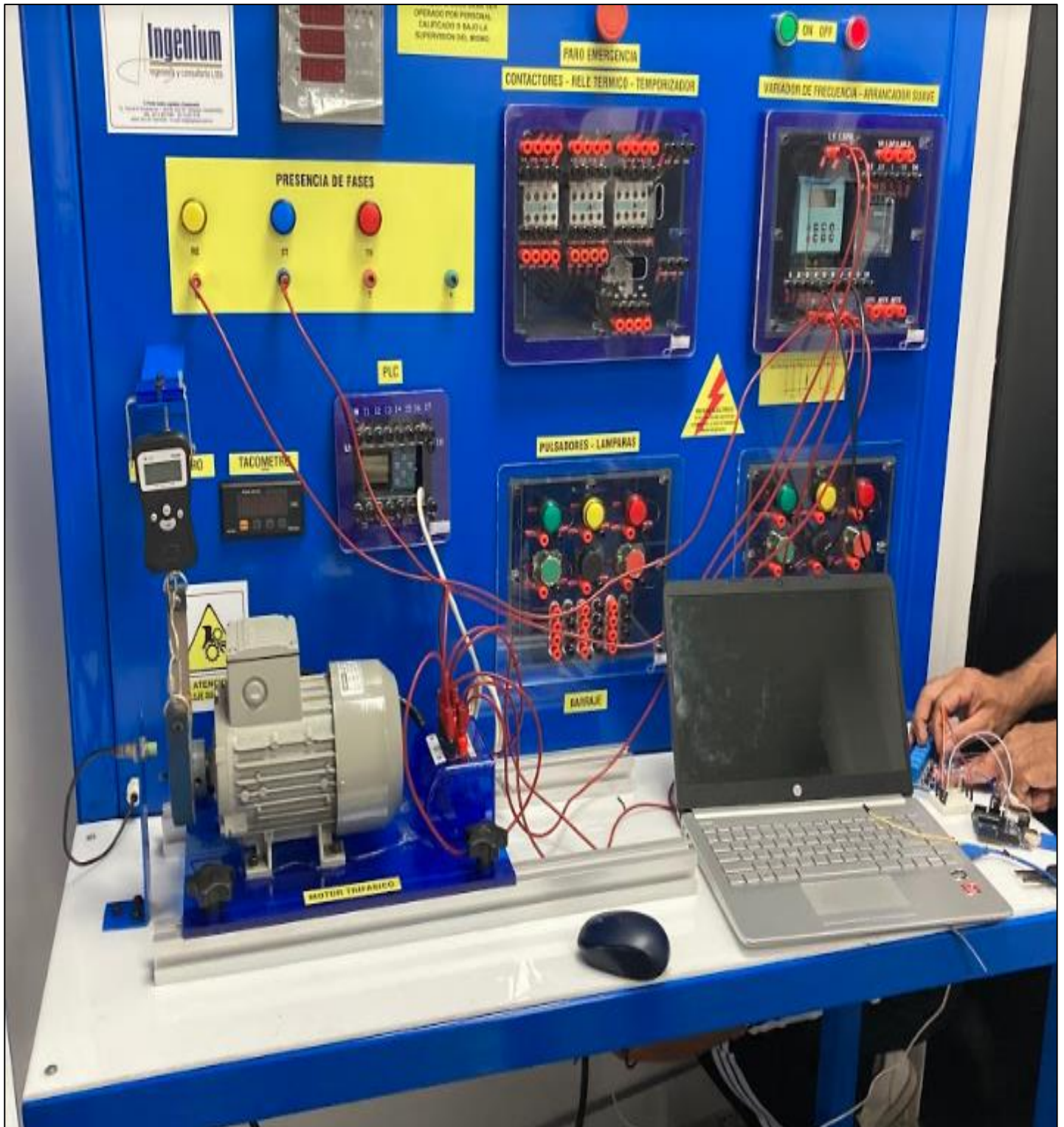
Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022

## ANEXO 2. NAVEGADOR DE FISICAS

Name	Type
[-] Basic Physics	
[-] [✓] [📦] cajas	Rigid B
[✓] [⚠️] colision de cajas	Collisio
[✓] [📦] colision de cajas	Collisio
[-] Joints and Constraints	
[✓] [📦] SJ(1)	Sliding
Materials	
Couplers	
[-] Sensors and Actuators	
[✓] [📏] banda movimiento	Transp
[✓] [📦] CollisionSensor(2)	Collisio
[✓] [📦] Sensor(1) colision	Collisio
Runtime Behaviors	
[-] Signals	
+ [✓] [🔌] SignalAdapter(1)	Signal
+ [✓] [🔌] SignalAdapter(2)	Signal
+ [✓] [🔌] SignalAdapter(3)	Signal
[🔌] SymbolTable(1)	Symbc
[-] Signal Connection	
[-] [OPC] [🔌] Kepware.KEPServerEX.V6	
[✓] [OPC] [🔌] SignalAdapter(1)_Signal_1_Ar...	Signal
[✓] [OPC] [🔌] SignalAdapter(2)_Signal_2_Ar...	Signal
[✓] [OPC] [🔌] SignalAdapter(3)_Signal_0_Ar...	Signal

Nombre	Tipo	Componente propietario
+ Física básica		
+ Juntas y restricciones		
- Materiales		
- Acopladores		
+ Sensores y actuadores		
- Comportamientos de tiempo de eje...		
- Señales		
+  SignalAdapter(1)	Adaptador de señales	
+  SignalAdapter(2)	Adaptador de señales	
+  SignalAdapter(3)	Adaptador de señales	
-  SymbolTable(1)	Tabla de símbolos	
- Conexión de señal		
-  Keware.KEPServerEX.V6		
+  SignalAdapter(1)_Signal_...	Conexión con mapeo de s...	
+  SignalAdapter(2)_Signal_...	Conexión con mapeo de s...	
+  SignalAdapter(3)_Signal_...	Conexión con mapeo de s...	

### ANEXO 3. CONEXIÓN BANCO DE PRUEBAS



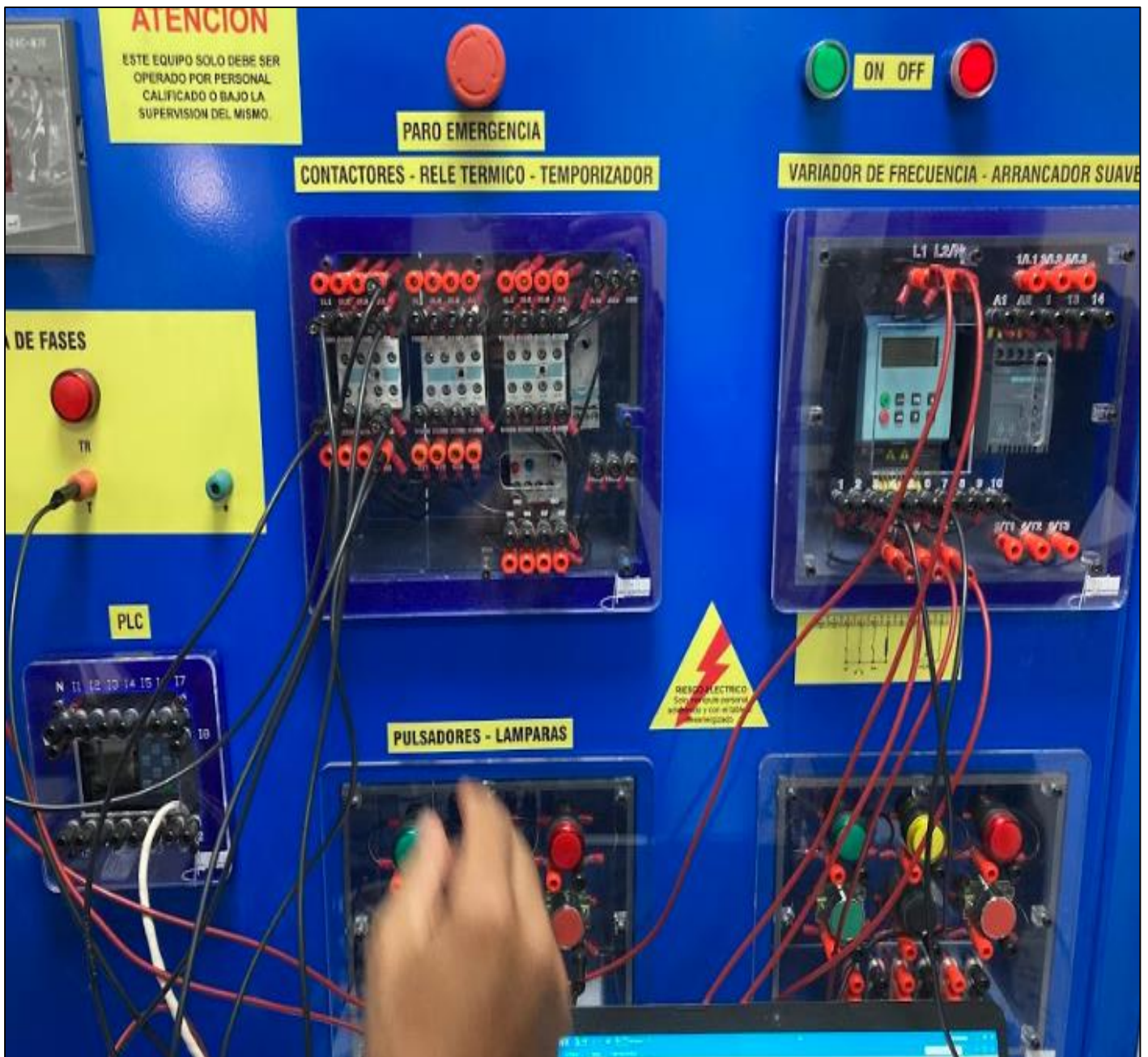


Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022





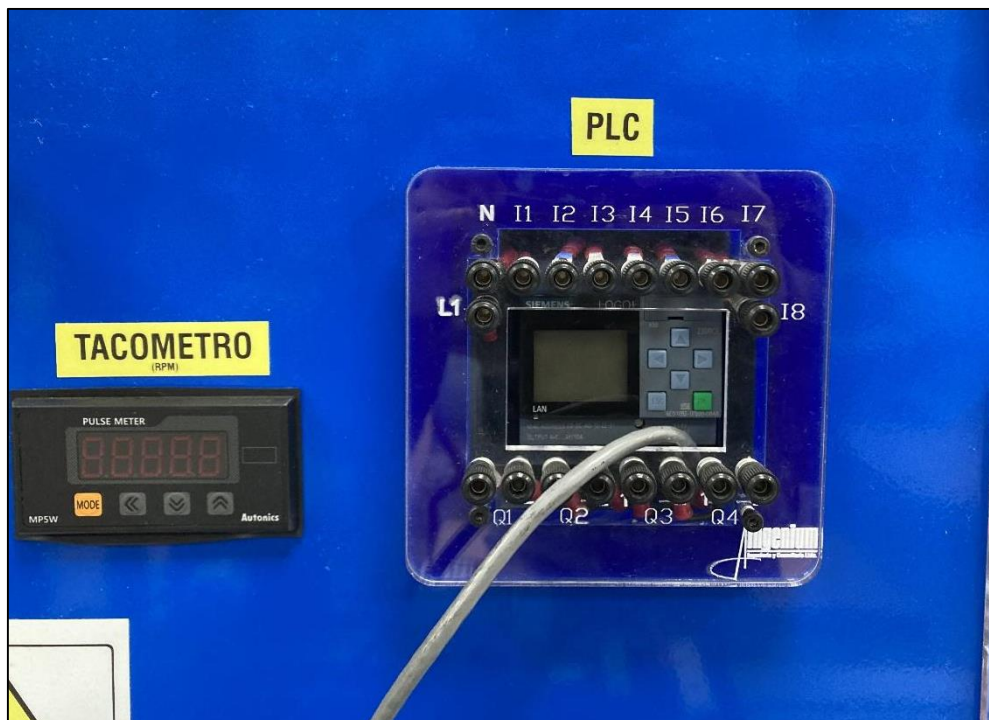
Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022



## ANEXO 4. COMPONENTES DEL BANCO







Implementación exploratoria de un modelo de banda transportadora digital con conexión a una tarjeta de adquisición  
Universidad ECCI - Sede Medellín  
2022

### 13. Referencias bibliográficas

- [1] Chang, Q., & Xiong, Z. (2020). Vision-aware target recognition toward autonomous robot by Kinect sensors. *Signal Processing. Image Communication*, 84(115810), 115810.
- [2] El-laithy, R. A., Huang, J., & Yeh, M. (2012). Study on the use of Microsoft Kinect for robotics applications. Proceedings of the 2012 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium. IEEE.
- [3] Iliukhin, V. N., Mitkovskii, K. B., Bizyanova, D. A., & Akopyan, A. A. (2017). The development of motion capture system based on Kinect sensor and Bluetooth-gloves. *Procedia engineering*, 176, 506–513.
- [4] Jun, C., Lee, J. Y., Kim, B. H., & Noh, S. D. (2019). Automatized modeling of a human engineering simulation using Kinect. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 55, 259–264.
- [5] Redacción, A. P. D. (2020, enero 13). ¿Qué es un Gemelo Digital? Ventajas de simular tu modelo de negocio. Recuperado el 7 de junio de 2021, de Apd.es website:  
<https://www.apd.es/que-es-gemelo-digital-ventajas/>
- [6] (S/f). Recuperado el 11 de junio de 2021, de Amazon.com
- [7] (S/f-b). Recuperado el 11 de junio de 2021, de Com.co website:  
<https://store.sony.com.co/ps4camera/p>
- [8] LabVIEW. (s/f). Recuperado el 11 de junio de 2021, de Wwww.ni.com website:  
<https://www.ni.com/es-co/shop/software/products/labview.html?skuId=76509>

- [9] *Comprar laptop IdeaPad 5 Intel de 15.6"*. (s/f). Recuperado el 11 de junio de 2021, de *Lenovo.com*
- [10] *Hernández Sampieri, R, Fernández, C & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. (Quinta Edición). México D.F, México: McGraw-Hill.*
- [11] *Enfoque de la investigación: tipos y características. (2020, mayo 19). Recuperado el 12 de junio de 2021, de Lifeder.com website: <https://www.lifeder.com/enfoque-investigacion/>*
- [12] Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 8, 108952–108971.
- [13] *Gemelos digitales. (s/f). Recuperado el 11 de julio de 2021, de Fundacionctic.org website: <https://www.fundacionctic.org/es/actualidad/gemelos-digitales>*
- [14] *¿Qué es un gemelo digital? (s/f). Recuperado el 11 de julio de 2021, de Semantic-systems.com website: <https://www.semantic-systems.com/semantic-noticias/articulos-tecnologicos/que-es-un-gemelo-digital/>*
- [15] Roy, R. B., Mishra, D., Pal, S. K., Chakravarty, T., Panda, S., Chandra, M. G., ... Misra, S. (2020). Digital twin: current scenario and a case study on a manufacturing process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(9–10), 3691–3714.
- [16] *Negri, E., Fumagalli, L., & Macchi, M. (2017). A review of the roles of digital twin in CPS-based production systems. Procedia Manufacturing*, 11, 939–948.

[17] Artiles Visbal, L. (1995). El artículo científico. *Revista cubana de medicina general integral*, 11(4), 387–394.

[18] El portal de la tesis. (s/f). Recuperado el 27 de julio de 2021, de Ucol.mx website:  
<https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>

[19] Hernandez Sampieri, R. (2006). *Metodologia de La Investigacion*. McGraw-Hill Companies.

[20] Luis, J. (s/f). Hipótesis, Método & Diseño de Investigación (Hypothesis, Method & Research Design). Recuperado el 27 de julio de 2021, de Spentamexico.org website:  
[http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf)

[21] Pablo Cazau - Introducción A La Investigación en Ciencias Sociales. (s/f). Recuperado el 27 de julio de 2021, de Scribd.com website:  
<https://es.scribd.com/document/283048176/Pablo-Cazau-Introduccion-a-La-Investigacion-en-Ciencias-Sociales>

[22] TIPOS DE MUESTREO DR. IVÁN ESPINOZA SALVADÓ. (s/f). Recuperado el 27 de julio de 2021, de Docplayer.es website: <https://docplayer.es/67963040-Tipos-de-muestreo-dr-ivan-espinoza-salvado.html>

[23] Técnicas de Procesamiento y Representación de Datos. (s/f). Recuperado el 28 de julio de 2021, de Issuu.com website: [https://issuu.com/kvin92/docs/analisis\\_de\\_sistema](https://issuu.com/kvin92/docs/analisis_de_sistema)

[24] Pilia, A., Brun, C., Doceul, L., Gargiulo, L., Hatchressian, J.-C., Keller, D., ... Zago, B. (2015). Application of virtual reality tools for assembly of WEST components: Comparison



between simulations and physical mockups. *Fusion Engineering and Design*, 98–99, 1589–1592.

[25] Figueroa, Pablo Cardona, Jesus David Nieto, Ernesto Córdoba. (2018). Plataforma de Apoyo a la Educación Virtual basada en Simulación 3D para Procesos en una Celda de Manufactura. 7.

[26] OSCAR DAVID MEJÍA PIÑEROS IVÁN ARTURO RAMÍREZ ARCHILA. (2019). MODELADO EN UN ENTORNO VIRTUAL DE LA CELDA DE MANUFACTURA HAS – 200 (p. 92).

[27] Barrera Certuche, M. A., Correa Arce, J. E., Echeverry Pantoja, S., Martínez Ramírez, J. F., & Martínez Rojas, C. R. (2016). Banda transportadora con electroimán.

[28] Eficiencia, Eficacia y Productividad en una Empresa. (n.d.). Retrieved October 31, 2021, from Gob.mx website: <https://www.inadem.gob.mx/eficiencia-eficacia-y-productividad-en-una-empresa/>

[29] Gutiérrez Pulido, H. (2010). Calidad total y productividad.

[30] Redacción Comercial Pacific. (2020, August 26). Importancia de las bandas transportadoras en plantas industriales. Retrieved October 31, 2021, from Comercial Pacific website: <https://www.epacific.cl/blog/importancia-bandas-trasportadoras-plantas-industriales>

[31] Yenisleidy Fernández Romero & Karen García Pombo. (2011, septiembre). Virtualización. *Telem@tica*, 13.

[32] NX. (s/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2021, de Siemens.com

website: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/products/nx/>

[33] Zaragoza, U. G. (2020). Validación y verificación de un sistema de manufactura virtual bajo control discreto con funcionalidades ciberfísicas. Universidad Nacional de Colombia, Bogota-Colombia

[34] Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ...

PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. Systematic Reviews, 4(1), 1.

[35] Gemelos digitales. (s/f). Recuperado el 14 de noviembre de 2021, de Fundacionctic.org

website: <https://www.fundacionctic.org/es/actualidad/gemelos-digitales>

[36] Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona. (2019, noviembre 7). Recuperado el 14 de noviembre de 2021, de Cursosaula21.com website: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>

[37] Diseño de conceptos mecatrónicos. (s/f). Recuperado el 23 de noviembre de 2021, de

Siemens.com website: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/products/mechanicaldesign/mechatronic-concept-design.html>

[38] ¿Que son los motores trifasicos? (s/f). Recuperado el 21 de marzo de 2022, de

Continente Ferretero website: <https://continenteferretero.com/content/que-son-los-motores-trifasicos>

[39] S, & amp;P. (2020, enero 7). ¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia? Recuperado el 21 de marzo de 2022, de S&P Sistemas de Ventilación website: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>

[40] (2017, abril 12). Que son las bobinas y sus tipos - Ingeniería Mecafenix. Recuperado el 21 de marzo de 2022, de Ingeniería Mecafenix website: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/bobinas/>

[41] Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Captura de movimiento - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Captura\\_de\\_movimiento](https://es.wikipedia.org/wiki/Captura_de_movimiento) (accedido el 6 de julio de 2022).

[42] <https://www.coursehero.com/file/96852103/Captura-movimientopdf/> (accedido el 19 de febrero de 2021).

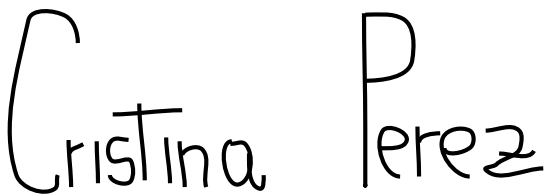
[43] "Funcionamiento del sensor corporal (WSS) | Sensornaut.com". Sensornaut.com | Baanbrekende all-in-bodysensor. <https://sensornaut.com/werking-bodysensor-wss/?lang=es> (accedido el 15 de abril de 2021).

## Firma de estudiantes



---

Nombres y apellidos estudiante 1  
C.C. 1000445260



---

Nombres y apellidos estudiante  
C.C. 1003290594



---

Nombres y apellidos estudiante 1  
C.C. 1005221744