



**Desarrollo de modelos interactivos virtuales 3D para prácticas de  
laboratorio virtual de sistemas de accionamiento industrial**

Sani Columba, Henry Daniel

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica,

Automatización y Control

Ing. Tipán Condolo, Edgar Fernando, Msc.

11 de febrero del 2021

# COPYLEAKS

Daniel\_Sani\_Tesis.pdf

Scanned on: 15:55 February 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	256
Words with Minor Changes	52
Paraphrased Words	344
Ommited Words	0

.....  
**Ing. Tipán Condolo, Edgar Fernando, MSc**

C. C.: 171139131-6



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**Desarrollo de modelos interactivos virtuales 3D para prácticas de laboratorio virtual de sistemas de accionamiento industrial**” fue realizado por el señor **Sani Columba Henry Daniel** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de febrero del 2022

.....  
**Ing. Tipán Condolo, Edgar Fernando, MSc**

C. C.: 171139131-6



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Sani Columba Henry Daniel**, con cédula/cedulas de ciudadanía n° 172421344-0 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Desarrollo de modelos interactivos virtuales 3D para prácticas de laboratorio virtual de sistemas de accionamiento industrial** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 11 de febrero del 2022**

Firma

**Sani Columba Henry Daniel**

C.C.: 172421344-0



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Sani Columba Henry Daniel**, con cédula/cédulas de ciudadanía n° 172421344- 0 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Desarrollo de modelos interactivos virtuales 3D para prácticas de laboratorio virtual de sistemas de accionamiento industrial**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 11 de febrero del 2022**

Firma

  
.....

**Sani Columba Henry Daniel**

C.C: 172421344-0

## **Dedicatoria**

A mis padres que día a día han dado los mejores consejos y el apoyo incondicional que me permitieron alcanzar las metas, a mi hermana que estuvo para recordarme lo importante de creer en uno mismo

***Daniel Sani***

## **Agradecimientos**

A mi familia, mis padres que sin su esfuerzo y cariño me permitieron ser esa persona de bien, a mi madre que tiene la dureza para afrontar cualquier problema. A mi padre que sin el sudor no lograría ser esa persona. A mi hermana que es un gran apoyo en mi vida. y de manera especial a mi tutor que ha sido de gran ayuda por sus importantes sugerencias que permitieron desarrollar esta tesis.

***Daniel Sani***

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	13
Índice de figuras .....	14
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Capítulo I.....	20
Introducción.....	20
Antecedentes .....	20
Justificación e importancia .....	22
Alcance del proyecto.....	23
Objetivos.....	25
Objetivo general .....	25
Objetivos específicos.....	25
Capítulo II.....	26
Estado del arte .....	26
Laboratorios virtuales 3D .....	26
Desafío de los laboratorios virtuales 3D .....	27
Limitaciones en el uso de laboratorios virtuales 3D .....	27

Materiales y metodología .....	28
Capítulo III.....	30
Marco teórico.....	30
Software de simulación virtual 3D de sistemas de accionamiento industrial	30
Fundamentos teóricos .....	30
Software libre y propietario .....	31
Selección del software de simulación virtual 3D .....	31
Manejo de software de simulación 3D .....	40
Diseño y simulación .....	41
Simulaciones dinámicas .....	41
Circuitos neumáticos .....	41
Circuitos electroneumáticos .....	44
Circuitos electrohidráulicos .....	45
Circuitos eléctricos y electrónicos .....	46
Programación.....	46
Grafcet.....	46
Ladder .....	47
Logigrame (compuertas lógicas).....	48
Bloques de funciones con texto estructurado.....	48
Monitorización y control.....	49
Aplicaciones 2D.....	49

	10
Aplicaciones 3D .....	49
Integración de simuladores .....	49
Software de programación Tia Portal.....	49
Integración software de simulación virtual 3D con software de programación.....	50
Capítulo IV .....	51
Diseño e integración.....	51
Recreación de 3 modelos 3D de aplicaciones industriales virtuales.....	51
Taladrado de piezas .....	51
La carga de materia prima .....	63
La operación de manufactura .....	66
Sincronización de interactividad de movimientos de los modelos 3D virtuales .....	69
Configuración y programación de secuencias de funcionamiento de los modelos virtuales 3D interactivos.....	80
Elaboración de prácticas de laboratorio de sistemas de accionamiento industrial .....	86
Capítulo V .....	87
Prácticas de laboratorio.....	87
Guía práctica 1: modelo 1 secuencia de aplicación.....	87
Visión general.....	87
Utilización componentes neumáticos.....	87

	11
Guía práctica 2: modelo 1 secuencia de aplicación.....	88
Utilización de componentes hidráulicos .....	88
Guía práctica 3: modelo 2 secuencia de aplicación.....	90
Visión general.....	90
Uso de lógica de contactos.....	91
Guía práctica 4: modelo 2 secuencia de aplicación.....	93
Uso de logigrame.....	93
Guía práctica 5: modelo 2 secuencia de aplicación.....	95
Uso de grafcet .....	95
Guía práctica 6: modelo 3 secuencia de aplicación.....	97
Visión general.....	97
Uso de grafcet .....	98
Guía práctica 7: modelo 3 secuencia de aplicación.....	99
Uso de Ladder .....	99
Guía práctica 8: modelo 3 secuencia de aplicación.....	101
Comunicación entre software de simulación y programación (Tia portal)	
.....	101
Capítulo VI .....	103
Conclusiones y recomendaciones .....	103
Conclusiones .....	103
Recomendaciones .....	104

Trabajos futuros .....	104
Fuentes bibliográficas.....	105
Anexos .....	107

**Índice de tablas**

Tabla 1 <i>Resumen de características autoSIM-200</i> .....	36
Tabla 2 <i>Resumen Características Automation Studio</i> .....	38
Tabla 3 <i>Resumen Característica Fluid SIM</i> .....	40
Tabla 4 <i>Asignación de entradas y salidas del modelo de taladrado</i> .....	69
Tabla 5 <i>Asignación de entradas y salidas del modelo de carga de materia prima</i> .....	72
Tabla 6 <i>Asignación de entradas y salidas del modelo operación de manufactura</i> .....	76

### Índice de figuras

Figura 1. <i>Portada del software SIM-200</i> .....	33
Figura 2 <i>Entorno del software autoSIM-200</i> .....	34
Figura 3 <i>Estructuración del SUMULA para la interconexión con el resto de las aplicaciones</i> .....	35
Figura 4 <i>Plantilla AUTOMSTION STUDIO</i> .....	37
Figura 5 <i>Plantilla FluidSIM</i> .....	39
Figura 6 <i>Distribución de los circuitos neumáticos</i> .....	42
Figura 7. <i>Distribución de los circuitos neumáticos</i> .....	43
Figura 8 <i>Diagrama de fases de la secuencia de acción</i> .....	44
Figura 9 <i>Representación de circuito electroneumáticos</i> .....	45
Figura 10 <i>Representación circuito electrohidráulico</i> .....	45
Figura 11 <i>Representación de circuitos eléctricos, electrónicos</i> .....	46
Figura 12 <i>Representación lógica de programación Grafcet</i> .....	47
Figura 13 <i>Representación lógica de programación Ladder</i> .....	47
Figura 14 <i>Representación lógica de programación logigrame</i> .....	48
Figura 15 <i>Representación lógica de programación texto estructurado</i> .....	48
Figura 16 <i>Portada de inicio Software TIA Portal</i> .....	50
Figura 17 <i>Incorporación de un escritorio 3D</i> .....	52
Figura 18 <i>Entorno IRIS 3D</i> .....	52
Figura 19 <i>Ventana de configuración para importar componentes</i> .....	53
Figura 20 <i>Ventana de importación de componentes</i> .....	53
Figura 21 <i>Listado de componentes para la importación al escritorio 3D</i> .....	54
Figura 22 <i>Exportación de la figura diseñada a formato. wrl</i> .....	54
Figura 23 <i>Importación de modelo 3D externo</i> .....	55
Figura 24 <i>Listado de componentes para la importación IRIS 3D</i> .....	55

Figura 25	<i>Archivo importado al formato de interpretación de IRIS 3D</i>	56
Figura 26	<i>Incorporación de componente externo al escritorio IRIS 3D</i>	57
Figura 27	<i>Componente externo en entorno IRIS 3D</i>	57
Figura 28	<i>Incorporación de un escritorio IRIS 2D</i>	58
Figura 29	<i>Escritorio IRIS 2D</i>	59
Figura 30	<i>Incorporación de elementos de control al escritorio IRIS 2D</i>	59
Figura 31	<i>Elementos de visualización y control en escrito IRIS 2D</i>	60
Figura 32	<i>Distribución de los entornos en IRIS 3D y IRIS 2D del modelo de taladradora</i>	61
Figura 33	<i>Distribución de componentes de accionamiento industrial en IRIS 3D</i>	61
Figura 34	<i>Distribución de los componentes en el escritorio IRIS 2D modelo taladrado</i>	62
Figura 35	<i>Distribución de los entornos en IRIS 3D y IRIS 2D modelo carga de materia prima</i>	63
Figura 36	<i>Distribución de componentes en IRIS 3D modelo de carga de materia prima</i>	64
Figura 37	<i>Distribución de los componentes en el escritorio IRIS 2D modelo carga de materia prima</i>	65
Figura 38	<i>Distribución de los entornos en IRIS 3D y IRIS 2D modelo operación de manufactura</i>	66
Figura 39	<i>Distribución de componentes en IRIS 3D modelo operación de manufactura</i>	67
Figura 40	<i>Distribución de los componentes en el escritorio IRIS 2D modelo operación de manufactura</i>	68
Figura 41	<i>Composición de los actuadores en el modelo de taladrado</i>	70

Figura 42	<i>Parámetros de configuración del cilindro "A" modelo de taladrado ...</i>	70
Figura 43	<i>Parámetros de configuración del cilindro "B" modelo de taladrado ...</i>	71
Figura 44	<i>Parámetros de configuración del cilindro "C" modelo de taladrado ...</i>	71
Figura 45	<i>Parámetros de configuración del actuador rotatorio modelo de taladrado .....</i>	72
Figura 46	<i>Composición de los actuadores en el modelo de carga de materia prima .....</i>	73
Figura 47	<i>Parámetros de configuración del actuador "A" modelo de carga de materia prima .....</i>	74
Figura 48	<i>Parámetros de configuración del actuador "B" modelo de carga de materia .....</i>	75
Figura 49	<i>Parámetros de configuración del actuador "C" modelo de carga de materia prima .....</i>	75
Figura 50	<i>Composición de los actuadores en el modelo de operación de manufactura .....</i>	77
Figura 51	<i>Parámetros de configuración del actuador "A" modelo operación de manufactura .....</i>	77
Figura 52	<i>Parámetros de configuración del actuador "B" modelo operación de manufactura .....</i>	78
Figura 53	<i>Parámetros de configuración del actuador "C" modelo operación de manufactura .....</i>	78
Figura 54	<i>Parámetros de configuración del actuador "D" modelo operación de</i>	79
Figura 55	<i>Parámetros de configuración del actuador "D" modelo operación de manufactura .....</i>	79
Figura 56	<i>Movimientos de traslación que realiza la pieza rectangular .....</i>	80
Figura 57	<i>Diagrama de flujo descriptivo de los movimientos de sincronización</i>	81

Figura 58. <i>Movimientos de traslación que realiza las piezas grandes y pequeñas</i> .....	82
Figura 59 <i>Diagrama deflujo descriptivo del movimiento de piezas grandes y pequeñas</i> .....	83
Figura 60. <i>Movimientos de traslación que realiza la mesa</i> .....	84
Figura 61 <i>Diagrama deflujo descriptivo del movimiento de la mesa</i> .....	85
Figura 62 <i>Descripción del modelo para realizar la práctica 1</i> .....	88
Figura 63 <i>Modelo para realizar la práctica 2</i> .....	89
Figura 64 <i>Botones de comando para las práctica 1 y 2</i> .....	90
Figura 65 <i>Modelo para realizar la práctica 3</i> .....	92
Figura 66 <i>Modelo para realizar la práctica 4</i> .....	94
Figura 67 <i>Modelo para realizar la práctica 5</i> .....	96
Figura 68 <i>Botones de comando para las prácticas 3,4 y 5</i> .....	97
Figura 69 <i>Modelo para realizar la práctica 6</i> .....	99
Figura 70 <i>Modelo para realizar la práctica 7</i> .....	100
Figura 71 <i>Modelo para realizar la práctica 8</i> .....	102
Figura 72 <i>Botones de comando para las prácticas 6,7 y 8</i> .....	102

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de modelos interactivos de procesos electroneumáticos 3D que permitan el desarrollo de prácticas de laboratorio de la asignatura de sistemas de accionamiento industrial, para lo cual, como primera instancia se realiza la selección del software que permita recrear los modelos virtuales interactivos 3D que se encuentran tanto a nivel educativo como el industrial, y a su vez la sincronización interactiva que emulen los movimientos de los diferentes tipos de actuadores neumáticos como si fueran reales, como siguiente punto una descripción de la utilización y manejo del software seleccionado. A continuación, como tercer punto el desarrollo de modelos interactivos 3D tales como: taladrado de piezas, carga de materia prima y operaciones de manufactura, con la sincronización de movimientos los cuales serán la base para la elaboración de prácticas de laboratorio involucrando los aspectos de automatización como la lógica cableada, programación de autómatas programables, grafcet, ladder, permitiendo el control y monitoreo de sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos, además de la comunicación con otros tipos de ambientes de programación permitiendo desarrollar el aprendizaje autónomo reduciendo la necesidad del trabajo presencial en el laboratorio, propiciando así la optimización de recursos tanto de la Universidad como de los estudiantes sin afectar el proceso de aprendizaje de los futuros profesionales.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO INDUSTRIAL**
- **MODELOS INTERACTIVOS 3D**
- **SINCRONIZACIÓN INTERACTIVA**
- **APRENDIZAJE AUTÓNOMO**

### **Abstract**

The objective of this project is the development of interactive models of 3D electropneumatic processes that allow the development of laboratory practices of the subject of industrial drive systems, for which, as a first instance, the selection of the software that allows recreating the models is carried out. interactive 3D virtual ones that are found both at an educational and industrial level, and in turn the interactive synchronization that emulates the movements of the different types of pneumatic actuators as if they were real, as the next point a description of the use and handling of the selected software. Then, as a third point, the development of interactive 3D models such as: drilling of parts, loading of raw materials and manufacturing operations, with the synchronization of movements which will be the basis for the development of laboratory practices involving automation aspects. such as wired logic, programming of programmable automatons, grafcet, ladder, allowing the control and monitoring of electro-pneumatic and electro-hydraulic systems, as well as communication with other types of programming environments, allowing the development of autonomous learning, reducing the need for face-to-face work in the laboratory , thus promoting the optimization of resources of both the University and the students without affecting the learning process of future professionals.

#### **KEYWORDS:**

- **INDUSTRIAL DRIVE SYSTEMS**
- **INTERACTIVE 3D MODELS**
- **INTERACTIVE SYNCHRONIZATION**
- **AUTONOMOUS LEARNING**

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

La nueva era de las tecnologías ha permitido el desarrollo de herramientas tecnológicas como laboratorios virtuales utilizando dispositivos de emulación que se acercan a los reales, algunas de las principales ventajas de este tipo de laboratorios son: no requieren espacio físico, el costo de implementación es menor y en algunos casi cero, son fácilmente escalables y los costos de licencias pueden ser accesibles. (Hernández de Mendez, Vallejo, & Morales, 2019)

El aumento de las herramientas virtuales favorece el cambio de la educación permitiendo reducir las barreras de la distancia en la enseñanza, brindando flexibilidad a los tiempos de estudio, además, de la generación de contenido digital para un aprendizaje autónomo y adaptativo de los estudiantes. (Vargas, Cuero, & Torres, 2020)

El nivel de realismos que ofrece la tecnología 3D permite replicar situaciones reales donde los estudiantes tienen el control de las interacciones, la comunicación entre ellos, la toma de decisiones, la manipulación de objetos y la navegación por el entorno, puesto que se pueden adquirir competencias y habilidades como si se tratara de una realidad concreta. (Gisbert, González, & Esteve Mon, 2019)

Los resultados positivos de efectividad en el aprendizaje autónomo han permitido posicionar rápidamente los laboratorios virtuales y remotos como un complemento en la formación y en la experimentación. La experimentación

remota, particularmente, se considera como uno de los mayores cambios en la educación en la ingeniería en el presente siglo. Los estudios de efectividad en el aprendizaje siempre han resaltado que los laboratorios virtuales acentúan el aprendizaje conceptual permite mejores resultados en cuanto a la apropiación de conceptos por parte del estudiante, que la que se obtiene en laboratorios presenciales. (Herrera, Triana, & Mesa, 2020)

Con la presencia cada vez mayor de la industria 4.0, las estaciones de trabajo flexibles y la lógica de control distribuida, el desarrollo de software de simulación 3D se ha convertido en parte más importante del proceso de ingeniería en automatización, este tipo de ambiente reducen tiempos de puesta en servicio, reprogramación de los procesos y corrección de errores, la solidez de este tipo de enfoque virtual 3D depende únicamente de la experiencia humana. (Schamp, y otros, 2019)

Los laboratorios virtuales pueden constituir un excelente espacio de trabajo en el que se pueda colaborar a distancia, investigar, experimentar o llevar a cabo cualquier otra actividad creativa que pueda generar buenos resultados en términos de aprendizaje autónomo, además de constituir una alternativa para mejorar sus capacidades profesionales. (Olivera, Marranghello, Rodrigues Silva, & Pereira, 2018)

Es fundamental desarrollar técnicas modernas de aprendizaje en las cuales el estudiante puede interpretar eficazmente procesos de automatización contrastando un paradigma de la industria 4.0 donde la virtualización 3D toma mucha importancia a la hora de implementación, programación y puesta en marcha de algún proceso complejo industrial. (Bashir , y otros, 2019)

### **Justificación e importancia**

Debido al contexto actual generada por la Covid-19 las clases y laboratorios de las carreras de ingeniería han sido suspendidas, dando un giro a la enseñanza pasando de la presencialidad y del manejo de maquinaria al uso de software y de laboratorios virtuales.

El uso de la tecnología para recrear modelos industriales para realizar experimentos y ejercicios de manera virtual es una práctica fundamental en grandes universidades del mundo, las réplicas de modelos virtuales proveen a cada estudiante su propio ambiente de aprendizaje, este tipo de virtualización 3D solventan dudas en caso de mal manejo de equipos o herramientas, permitiendo repetir varias veces las prácticas o experimentos que estén realizando.

El desarrollo de las habilidades profesionales requiere alto componente práctico, para lo cual tener a disposición réplicas de modelos virtuales 3D interactivas donde se pueda practicar y realizar la interconectividad con otros modelos y software de programación sin la necesidad de la presencialidad hará que la visualización del proceso sea más real que los físicos todo esto gracias a la modelización propia del entorno 3D que se asemejan al equipo real.

Teniendo en cuenta el cambio permanente en el que se encuentra la industria de la automatización es importante la actualización constante del conocimiento. La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE al ser una institución pública y posicionarse entre las mejores del Ecuador, dispone de laboratorios especializados para el aprendizaje de sistemas de Accionamiento Industrial, al contar con entorno virtual 3D interactivo donde se pueda manejar

modelos reales permitirá el trabajo autónomo del estudiante mejorando y complementando el aprendizaje, ofreciendo una formación de calidad con la utilización de la tecnología disponible dentro del ambiente de la virtualidad.

### **Alcance del proyecto**

La importancia de este proyecto radica en lo educativo, en el aprendizaje autónomo, mediante los modelos 3D virtuales interactivos en los cuales se puedan aplicar procesos y principios de automatización empezando desde los diseños de sistema: neumáticos, hidráulicos, electroneumáticos, electrohidráulicos, hasta las herramientas y recursos de programación actuales que se aplica en la industria moderna de la automatización, varios de los simuladores tradicionales no ofrecen un entorno 3D solo están orientados al 2D dando una limitante al comportamiento de los procesos, mediante la virtualización 3D interactiva, tendrán la oportunidad de observar los procesos pudiendo controlar las variables que intervienen en un diseño de un proceso industrial como si fueran reales brindando una experiencia en la cual se puedan desarrollar nuevas habilidades.

El proyecto se desarrollará en 4 etapas:

En la primera etapa, se realizará un estudio de los softwares de simulación 3D virtual, además de la selección adecuada, en los cuales involucren interactividad y maniobrabilidad, con la disponibilidad tanto en licencias, educativas y pagadas para recrear un ambiente interactivo y didacta de modelos industriales virtuales con la posibilidad de poder integrar a un ambiente más sofisticado.

En la segunda etapa, realizada la selección del software de simulación 3D virtual, se realizará un reconocimiento de todas las características y funcionalidades tanto en componentes y librerías de sistemas neumáticos, electroneumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos, además de la interconectividad con otros recursos que permitan la comunicación con otros entornos de programación.

En la tercera etapa, se desarrollan los modelos correspondientes a 3 procesos industriales 3D virtuales, que se encuentran en la industria, como son: el taladrado de piezas, la carga de materia prima y la realización de operaciones de manufactura donde se involucre la neumática, hidráulica, electroneumática o electrohidráulica utilizando recursos y librerías del software, considerando la posibilidad del desarrollo de elementos propios en otros software de diseño 3D, a partir de las cuales se construirán los modelos 3D, se vincularan a partir de tablas de variables con diferentes entornos de programación y se sincronizaran de forma que emulen movimientos correspondientes a los de un proceso industrial para que la simulación sea acorde al modelo real, sin necesidad de licencias y costos adicionales para su uso.

En la cuarta etapa, ya con los 3 modelos 3D virtuales de procesos industriales, complementado con conocimientos visto en otras asignaturas como control de máquinas eléctricas y automatización que se integraran con el software de simulación, se desarrollará la automatización de cada proceso industrial, para esto se procede a plantear y resolver 8 laboratorios en los cuales involucren aspectos del syllabus académico de la asignatura de sistemas de accionamiento industrial, en los cuales el usuario final pueda interpretar la idea de funcionamiento mediante la visualización y la utilización de componentes de

accionamiento industrial, o a su vez el uso de otro tipo de recursos como modelos 2D virtuales para representar paneles de operación, que servirán como entrenamiento para fortalecer las destrezas en el ámbito de la automatización.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Desarrollar modelos virtuales en 3D mediante componentes básicos que permita una interactividad sincronizada de movimientos reales, para el desarrollo de prácticas de laboratorio de sistemas de accionamiento industrial.

### ***Objetivos específicos***

- Investigar acerca de los softwares de simulación virtual 3D, características funcionalidades, además de la selección adecuada que permita la interactividad.
- Diseñar un entorno 3D de 3 modelos virtuales, taladrado de piezas, carga de materia prima y operación de manufactura con sincronización interactiva en base a componentes básicos.
- Elaborar guías de usuario para el manejo, configuración y programación de modelos 3D virtuales interactivos.
- Elaborar guías de laboratorio en base a los modelos 3D virtuales interactivos de procesos reales de sistemas de accionamiento industrial.

## Capítulo II

### Estado del arte

#### Laboratorios virtuales 3D

Un laboratorio virtual se presenta a manera de espacios virtuales que simula situaciones reales o experimentales, es decir, entornos de aprendizaje virtual utilizando funcionalidades de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) sin las restricciones de tiempo y espacio que un laboratorio físico convencional.

Dado que un laboratorio virtual se basa en modelos que se ejecutan en sistemas informáticos la configuración y puesta en marcha es mucho más sencilla que la puesta de laboratorios reales, además, presenta un grado de robustez y seguridad incrementando la diversidad didáctica, dando lugar a grandes cambios e innovación en el proceso de enseñanza.

Este tipo de laboratorios virtuales se diseñan e implementan para mejorar la formación de los estudiantes aproximándolos a situaciones reales de una manera simplificada y mucho más próxima a los planteamientos teóricos, se puede considerar que los espacios físicos virtuales de aprendizaje son de interés para la investigación. (Mercè Gisbert Cervera, 2019)

Para (Herrera, Triana, & Mesa, 2020) la experimentación con modelos simulados es comparable siempre que se cumplan las siguientes premisas: Se usen modelos realistas que representen a detalle del sistema a analizar, y que las gráficas muestren la evolución temporal con animaciones permitiendo entender el comportamiento del sistema.

### **Desafío de los laboratorios virtuales 3D**

La Covid-19 aceleró la transformación digital de las organizaciones educativas y está permitiendo que las tecnologías emergentes maduren y consoliden una sinergia estructurada para un mundo visto desde la complejidad de las ciencias.

El mundo virtual 3D es un entorno interactivo que simula características del mundo real (Amarin, Tapparo, Marranghello, Silva, & Pereira, 2014) mediante la representación de éstos en 3D, en donde los usuarios pasan a ser los estudiantes y los entornos, simulan experimentos en condiciones predefinidas favoreciendo la creatividad y la capacidad de resolución a diferentes situaciones que se plantean.

Estos entornos virtuales 3D tienen gran potencial para motivar a los estudiantes a experimentar, construir y explorar ideas de manera metafórica, cada vez es más relevante el papel que desempeñan las tecnologías digitales en la educación superior, se ha podido constatar, que se generan nuevas estrategias metodológicas y mejoras en los procesos cognitivos produciendo situaciones de toma de decisiones constante permitiendo una mejor autogestión del aprendizaje.

### **Limitaciones en el uso de laboratorios virtuales 3D**

Las limitaciones que se presentan en este tipo de laboratorios antes de empezar en el proceso de diseño de implementación son:

- Dependen de una tecnología compleja la cual requiere altos requisitos en hardware y ancho de banda, sistemas operativos o visualizadores específicos.

- La falta de concentración de estudiantes provenientes de aplicaciones como redes sociales o aplicaciones propias del equipo.
- El alto costo de las licencias, la dificultad de instalación cuando son de licencia libre (open source), además del costo de servidores que brinden servicio exclusivo y el mantenimiento de estos entornos 3D, y por último en la adquisición de equipos y dispositivos de usuarios.
- El tiempo que le tome al docente en la formación didáctica y técnica en conocer el funcionamiento del entorno y al mismo tiempo la percepción que se podría dar, es decir, realizar la misma actividad fuera del entorno y en un menor tiempo.

Sin embargo, los laboratorios convencionales siempre serán necesarios puesto que existen fenómenos que no se puedan recrear en los ambientes virtuales, además, se debe tener en cuenta las habilidades que se logran desarrollar en la práctica presencial, nunca podrán ser obtenida a través de la práctica en los entornos virtuales como consecuencia se puede decir que el uso combinado de los laboratorios reales y virtuales puede resultar complementario con la experimentación real. (Gisbert, González, & Esteve Mon, 2019)

### **Materiales y metodología**

Básicamente los materiales a emplearse para la recreación de los laboratorios virtuales 3D se basa en toda aquella información que se encuentra distribuida en el internet destacando artículos publicados por centros educativos donde se describen diseños, limitaciones y arquitecturas, además de la recopilación de información en textos especializados dando lugar a sustento teórico de la cual se fundamenta esta investigación.

Teniendo en cuenta el proceso de simulación, se debe llevar a cabo una serie de etapas como metodología para la recreación de los modelos virtuales en las cuales se pueden mencionar, el diseño del modelo que se requiere representar, la verificación si el modelo recreado se apega al sistema real, y por último la realización de pruebas para el análisis de los resultados, sin dejar de lado los estándares y protocolos de comunicación, que permitan la interactividad de los modelos 3D virtuales para la interpretación adecuada de prácticas de laboratorios de sistemas de accionamiento industrial.

## Capítulo III

### Marco teórico

#### Software de simulación virtual 3D de sistemas de accionamiento industrial

##### *Fundamentos teóricos*

El uso de sistemas de accionamiento industrial en la creación de procesos de automatización ha tenido un gran impacto, debido a que cada vez se vuelven complejos, y es indispensable conocer el funcionamiento que poseen, para lo cual, alrededor del mundo se han creado varios simuladores que permiten la recreación y utilización de los sistemas de accionamiento industrial como actuadores: lineales, rotativos, válvulas, filtros e incluso la emulación de sensores.

Mediante la evolución de las TICs se han podido desarrollar simuladores donde se puedan manejar todos los componentes tanto en neumático, electroneumáticos, hidráulicos, electrohidráulicos sin la necesidad de disponerlos físicamente, especialmente por la representación gráfica en 2D en donde se encuentre reflejado el funcionamiento de algún proceso industrial.

Tan importante es la utilización de estos softwares para los procesos de sistemas de accionamiento industrial que han optado por la virtualización 3D, un factor determinante para la visualización, siendo muy demandados sobre todo en las grandes industrias como herramienta para entrenamiento del nuevo personal, o para ámbito educativo donde se pretenda dar un manejo más eficiente de los componentes de accionamiento industrial, tal es el caso que muchas de las empresa propietarias de software de simulación, están fomentando la utilización de demos gratuitos limitados para que puedan conocer las prestaciones que poseen, para lo cual hay que definir cuando el software es libre y propietario.

### ***Software libre y propietario***

El software libre como su nombre indica, aquel que puede ser utilizado sin necesidad de tener una licencia para su funcionamiento, teniendo en cuenta de las limitaciones que posee, en ámbitos de educación es uno de los más utilizados, debido a que no necesitan de algún costo para su adquisición.

Para la simulación o recreación de ambientes virtuales 3D, en donde se pretenda recrear escenarios involucrando los sistemas de accionamiento industrial son muy limitados o existe mucha complejidad, optar por la adquisición de un software de simulación propietario es mucho más beneficioso.

El software propietario hace referencia a que posee todos los derechos exclusivos para la distribución bajo costos, y es de las más utilizadas por personas que se encuentran en el ámbito de las simulaciones, sobre todo por la gran cantidad de información a la que se pueda acceder, para la recreación de procesos donde se involucren los sistemas de accionamiento industrial es muy beneficioso, sobre todo porque muchas de las empresas brindan tanto el software de simulación en 2D, y entornos de virtualización 3D como los componentes de forma física sin la necesidad de realizar la tareas de búsquedas, optimizando el tiempo para la puesta en marcha del proceso.

### ***Selección del software de simulación virtual 3D***

La simulación virtual 3D ha tenido un gran impacto en el mundo tanto en enseñanza como en investigación, proporcionando mejoras en rendimiento, portabilidad y flexibilidad, por lo tanto, es indispensable conocer parámetros que permitan una selección adecuada.

La designación de los parámetros elementales para la selección del software de simulación se presenta a continuación:

- Flexibilidad de modelado: capacidad de aproximar o reproducir el entorno en base a un modelo real tanto en complejidad y escalabilidad.
- Facilidad de uso: ajustar la interfaz a modo que no exista sensación de dificultad en su manejo.
- Tipos de licencia: referenciando a las libre y propietarias como la duración de uso, edición, y las librerías que dispongan.
- Plataformas que soportan: todos los sistemas operativos, en los cuales el software puede ser instalado, sin problemas de compatibilidad y ejecución. (Windows, Linux, Mac OS, Solaris)
- Requisitos de hardware: requisitos en almacenamiento, velocidad de procesamiento y uso de tarjetas gráficas.

Es indispensable conocer de los software más demandados y utilizados para la enseñanza, simulación, investigación y puesta en marcha de procesos industriales:

Autosim – 200

Es un software de simulación diseñado específicamente para las tecnologías de automatización, permitiendo testear programas desarrollados sobre un entorno virtual, antes de la puesta en marcha sobre los reales, verificando su funcionamiento, posibilitando la corrección de errores antes del funcionamiento real, constituyendo un complemento ideal para el entrenamiento, y el uso más eficiente del laboratorio.

**Figura 1.**

*Portada del software SIM-200*

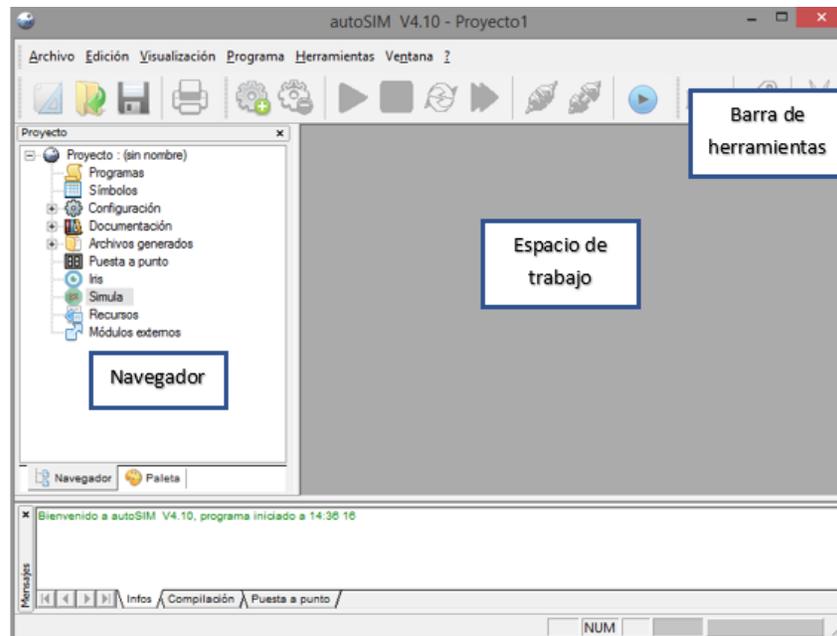


*Nota:* Figura tomada de: (autoSIM-200 Simulador de automatización, 2020)

Este software permite el diseño, simulación dinámica multicolor de circuitos neumáticos, electroneumáticos, hidráulicos, electrohidráulicos eléctricos y electrónicos, modelos matemáticos, además del control de partes operativas en 2D y 3D, predefinidas por el usuario o desarrollados por SMCTraining, o incluso importar modelos de software CAD como el 3D Studio y SolidWorks. (autoSIM-200 Simulador de automatización, 2020)

**Figura 2**

*Entorno del software autoSIM-200*



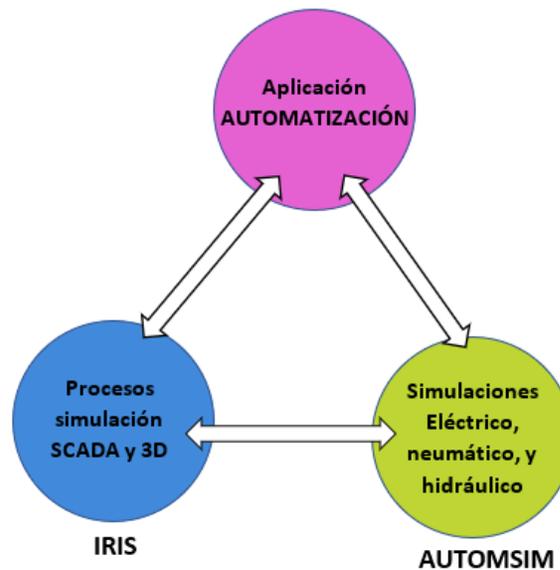
El entorno del software dispone de un espacio de trabajo, el cual permite desarrollar los diseños o esquemas de los sistemas de accionamiento industrial, además de una paleta de navegación en donde se crea programas bajo la norma IEC -1131, Grafcet, Ladder, logigrame, bloques de función, GEMMA, la lista de símbolos corresponde a variables de entrada salida o función, las cuales están asociadas al funcionamiento del diseño creado.

Objetos IRIS 2D: permite la creación de los escritorios, aplicaciones de supervisión y aplicaciones de parte operativas tanto en 2D como en 3D.

Simula: permite creación de esquemáticos de los componentes tanto neumático/eléctrica e hidráulica. El cual puede ser utilizado independientemente o en conjunto con el resto de las aplicaciones.

### Figura 3

*Estructuración del SUMULA para la interconexión con el resto de las aplicaciones*



El motor gráfico TOKAMAK integrada a IRIS 3D, permite una simulación física realista en gravedad, y las interacciones entre los distintos objetos de los elementos que tienen movimiento.

Las licencias disponibles para el uso de este software se basan en dos versiones, autoSIM-200 con el uso permanente en licencias educacionales para 1, 8 o 16 dispositivos, además de las limitadas de un año, la segunda versión autoSIM-200 advanced, el cual presenta funciones adicionales que permiten transferir programas generados en la simulación hacia marcas de PLCs como: Siemens, Omron, Allen Bradley, Schneider y Mitsubishi, como opción este software posee un demo con una duración de 40 días para las dos versiones disponibles.

La compatibilidad de autoSIM-200 es llamativa, con la facilidad de instalar en versiones como el Windows Xp, Vista, Windows 7, Windows 8 y

Windows 10, además de los recursos de hardware para su instalación, considerando 512 MB libres de memoria con una tarjeta gráfica (1024x768x65536).

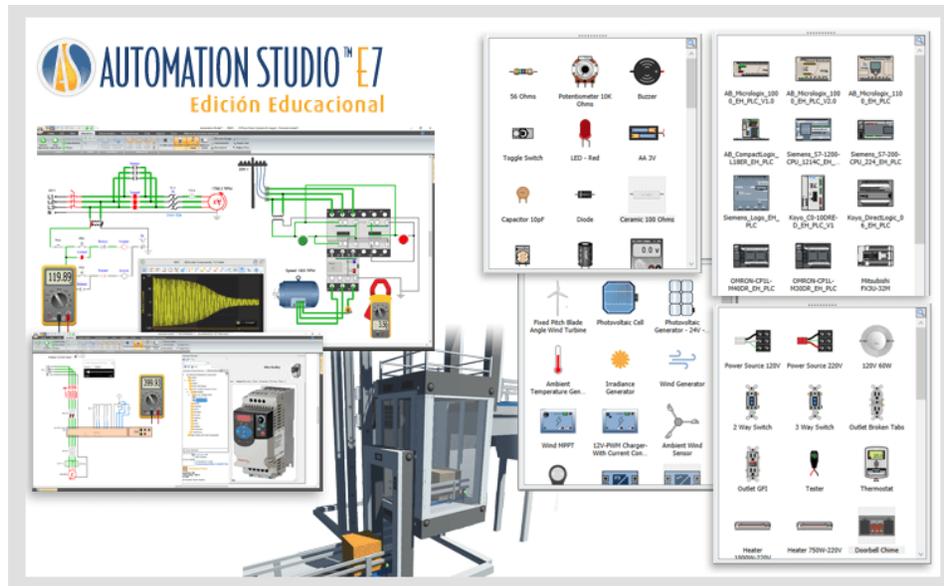
**Tabla 1**

*Resumen de características autoSIM-200*

Requisitos de hardware	
Procesador	2.5 Ghz o superior, 4 GB RAM
Espacio de almacenamiento	512 MB
Plataforma que lo soportan	Windows, XP/Vista/7/ 8/10
Tarjeta gráfica	1024x768x665536 color mínimo
Licencias disponibles	
Libres	Pruebas durante 40 días
	autoSIM – 200 permanentes - ilimitadas
	autoSIM -200 - One Year - 1 año de
Propietarias	uso

Automation Studio

Software propietario de Famic Technologies Inc. es una plataforma de usuario amigable con acceso a bibliotecas de componentes en hidráulica, neumática, electrotecnia, electricidad, controles, HMI ofreciendo simulación realista y dinámica, permitiendo optimizar el desarrollo y la puesta en marcha de los sistemas.

**Figura 4***Plantilla AUTOMSTION STUDIO*

*Nota:* Figura Tomado de (Famic Technologies INC., 2021)

La gran ventaja de este software debido a su robustez es su interfaz gráfica en 3D, la cual se le puede importar piezas o modelos diseñados en software CAD como el SolidWorks, permitiendo visualizar el proceso virtualizado sin necesidad de instalar software adicional.

Automation Studio posibilita la obtención de licencias a distancia o de forma remota mediante utilización de Administrador de licencias, propios del software el cual posee la información necesaria de todas las ediciones como la profesional o Educacional, permitiendo el uso local personal o el uso a través de una red destinada a ser compartida por múltiples estaciones. (Famic Technologies INC., 2021)

La compatibilidad de este software está enfocada a los sistemas operativos actuales como: Windows 8.1, 10, 11 o Windows server 2008R SP1, 2012, 2012R2, 2019 y 2022, además de la disponibilidad de recursos de

hardware como una CPU Intel Core I5 de quinta generación 2.70GHz, memoria de 8GB y una tarjeta gráfica de 512 MB con soporte para Open GL 2. O Direct3D requerido para el módulo 3D.

**Tabla 2**

*Resumen Características Automation Studio*

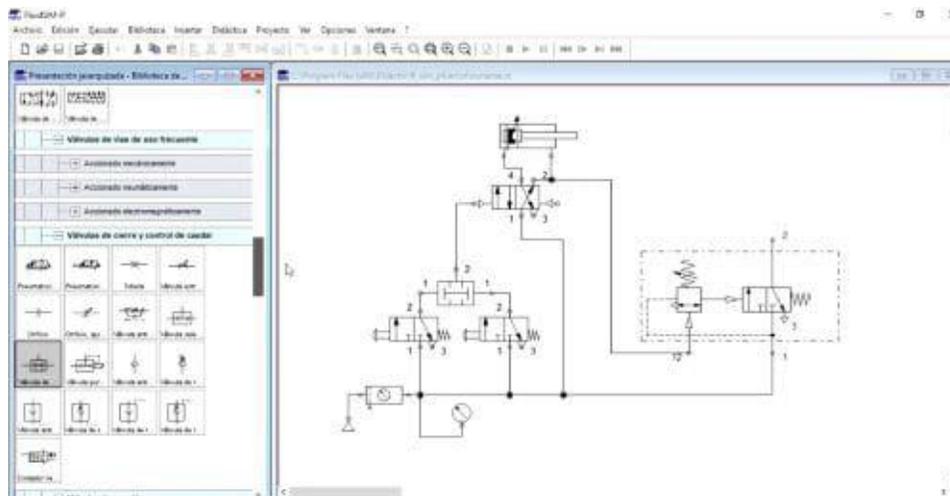
Requisitos de hardware	
Procesador	Core I5 2.70 GHz o superior, 8 GB
Espacio de almacenamiento	RAM 5 GB
Plataforma que lo soportan	Windows 8.1, 10
Tarjeta gráfica	512 MB o Superior Direct3D 11
Licencias disponibles	
Libres	Edición Educativa
Propietarias	Edición Profesional

**FluidSIM**

Software propietario de la empresa FESTO Didactics, es una herramienta para la obtención de conocimientos de neumática, hidráulica, electroneumática, electrohidráulica, permitiendo crear esquemas de circuitos en 2D sobre la base de simulación.

## Figura 5

### Plantilla FluidSIM



*Nota:* Figura tomada de (FESTO DIDACTIC, 2021)

Este software es muy utilizado en los centros educativos para la enseñanza, debido a su fácil interfaz y gran variedad de componentes direccionados en base a las bibliotecas, de neumática, hidráulica, electrotécnica, combinándolas en un esquema de circuito o proyecto, además de poseer extensiones que permiten recrear entornos más sofisticados como el 3D mediante software CIROS. (FESTO DIDACTIC, 2021)

La disponibilidad de licencias para este software será en base a las necesidades, se puede optar por el paquete completo o simplemente por el paquete a utilizar neumática, hidráulica o electrotecnia todas estas podrán ser activadas mediante el uso de red o por la adquisición de una clave

La compatibilidad de este software está enfocada a versiones de Windows 7/8/10, con una arquitectura en 32 o 64 bits, los requerimientos de hardware, un procesador de doble núcleo y un espacio en memoria de 4 GB.

Al no poseer un entorno 3D propio del FluidSIM, requiere de la incorporación de software adicional que permita el desarrollo de esquemas en 3D como por ejemplo CIROS, el cual permite la modelación de esquemas 3D mediante incorporación de diseños realizados en software CAD

**Tabla 3**

*Resumen Característica Fluid SIM*

Requisitos de hardware	
Procesador	2.5 GHz o superior, 4 GB RAM
Espacio de almacenamiento	4 GB
Plataforma que lo soportan	Windows, 7/ 8/10
Tarjeta gráfica	512 MB o Superior Directx 9.0 o superior
Licencias disponibles	
Libres	Pruebas durante 30 días
Propietarias	FluidSIM Pneumatics, Hydraulics, Electrical Engineering

### ***Manejo de software de simulación 3D***

El manejo adecuado del software permite el desarrollo de aplicaciones 3D de una manera más fluidas y sencilla, identificando cada una de las pestañas, ventanas y bibliotecas disponibles, una forma de manejo es acudir a los manuales de usuario que comúnmente viene con los softwares de instalación.

La utilidad de estos manuales permitirá una rápida adaptación para el manejo, ahorrando tiempo en la realización de aplicaciones, además de todas

las capacidades que posee, sobre todo es indispensable cuando se requiere que estos softwares estén enfocados al ámbito del aprendizaje autónomo.

## **Diseño y simulación**

### ***Simulaciones dinámicas***

Este tipo de simulación es una herramienta para construir modelos que reproduzcan el comportamiento de sistemas complejos, los cuales una vez simulado a través de circunstancias predefinidas darán, un conjunto de resultados permitiendo elegir los escenarios adecuados. (Rodríguez Alvarado, Loyo Quijada, López Ontiveros, & González Sosa, 2019)

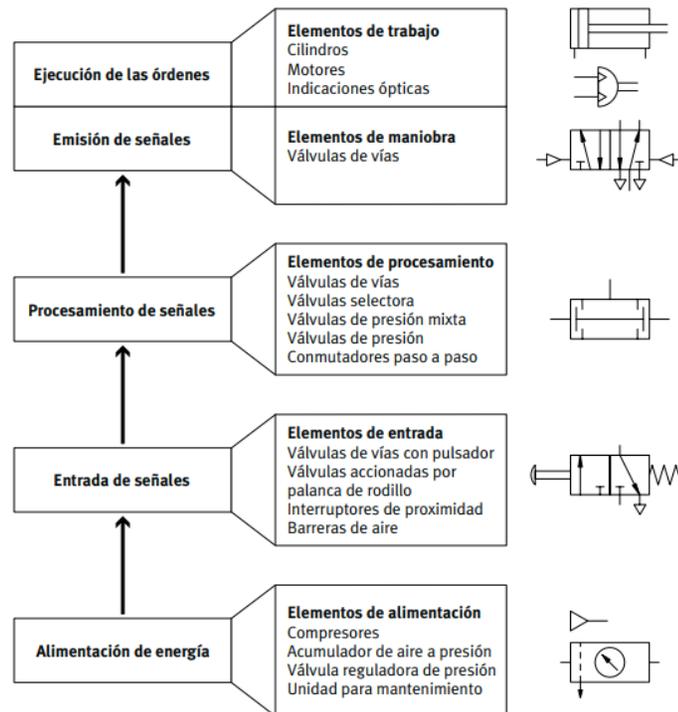
### ***Circuitos neumáticos***

Los circuitos neumáticos es parte fundamental de los procesos comunes que se encuentran en la industria, el cual aprovecha el aire comprimido como medio de transmisión de energía hacia los diferentes mecanismos.

En la actualidad son muchos las aplicaciones que se pueden desarrollar con la aplicación de circuitos neumáticos tales como: sujeción, posicionamiento, desplazamiento y orientación de piezas, dosificadores, transporte de material, etc. para formar estos tipos de circuitos es necesario conocer su estructura para lo cual la siguiente figura muestra como está constituido.

**Figura 6**

*Distribución de los circuitos neumáticos*



*Nota:* Figura tomada de (P.Croser, 2000)

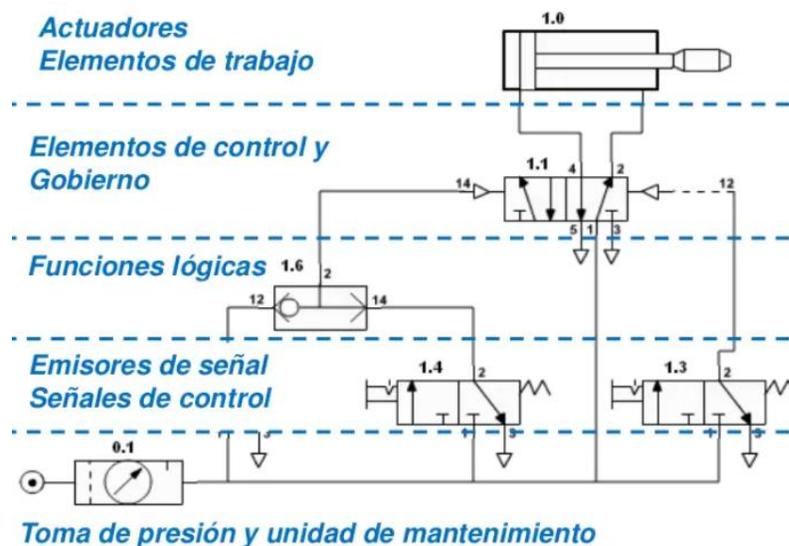
- Ejecución de las órdenes: aquellos dispositivos que transforman la energía neumática en algún tipo de movimiento deseado, lineal, rotatorio o la aplicación de fuerza.
- Procesamiento de señales: aquellas que dirigen y regulan el paso del aire comprimido.
- Entrada de señales: todos los elementos generadores de señales de entrada para realizar la secuencia de funcionamiento.
- Alimentación de energía: son los encargados de comprimir el aire de la atmósfera para alcanzar la presión necesario para que

juntamente con la unidad de regulación permitan el funcionamiento del sistema.

En la figura se muestra un ejemplo de un circuito neumático donde esquematiza la distribución.

### Figura 7.

*Distribución de los circuitos neumáticos*

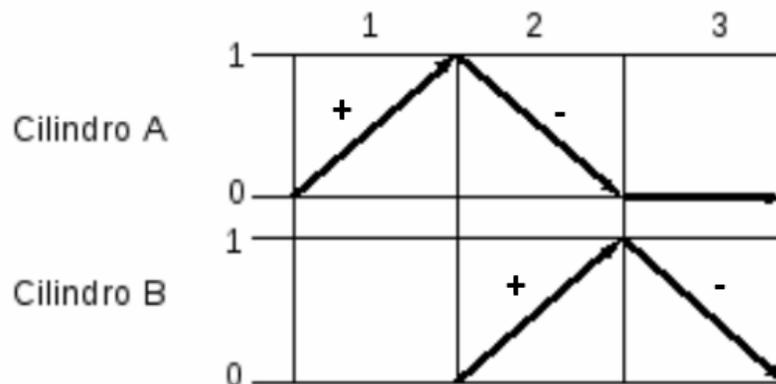


Nota: Figura tomada de (P.Croser, 2000)

Una parte importante de los circuitos neumáticos, electroneumáticos y electrohidráulicos es su diagrama de fase, en el cual se puede interpretar la secuencia de acción establecidas en las distintas etapas, representadas mediante signos, (+) salida o avance del actuador y el signo (-) para el retroceso.

**Figura 8**

*Diagrama de fases de la secuencia de acción*



Nota: Figura tomada de (P.Croser, 2000)

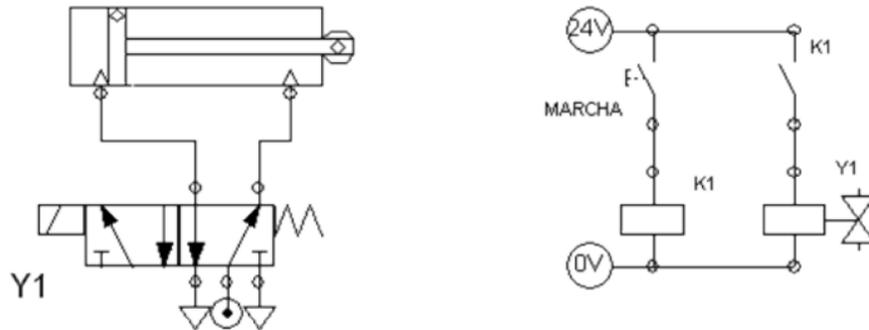
### ***Circuitos electroneumáticos***

Los circuitos electroneumáticos son usados en la industria, debido a la facilidad de su uso y simplicidad en los diseños complicados, en donde, la energía neumática para la etapa de mando es sustituida por equipo eléctrico, para lo cual existen elementos de adaptación denominados electroválvulas que son encargados de convertir las señales eléctricas por neumáticas

Sin embargo, para completar los circuitos neumáticos se hace uso de componentes adicionales a las electroválvulas como lo son los fines de carrera, interruptores electromagnéticos, relés, relés auxiliares etc.

**Figura 9**

*Representación de circuito electropneumáticos*

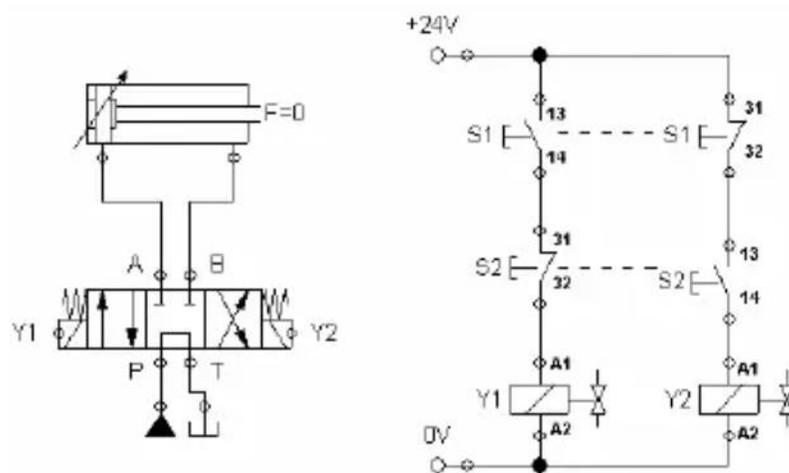


### **Circuitos electrohidráulicos**

Al igual que los sistemas electropneumáticos, los electrohidráulicos aprovechan de la potencia de algún fluido, en este caso aceites para generar las secuencias de movimiento, con la utilización de los componentes eléctricos para la parte de control, dentro de las aplicaciones más llamativas, esta es utilizada en la industria pesada donde se requiere gran concentración de potencia y fuerza extremadamente altas.

**Figura 10**

*Representación circuito electrohidráulico*

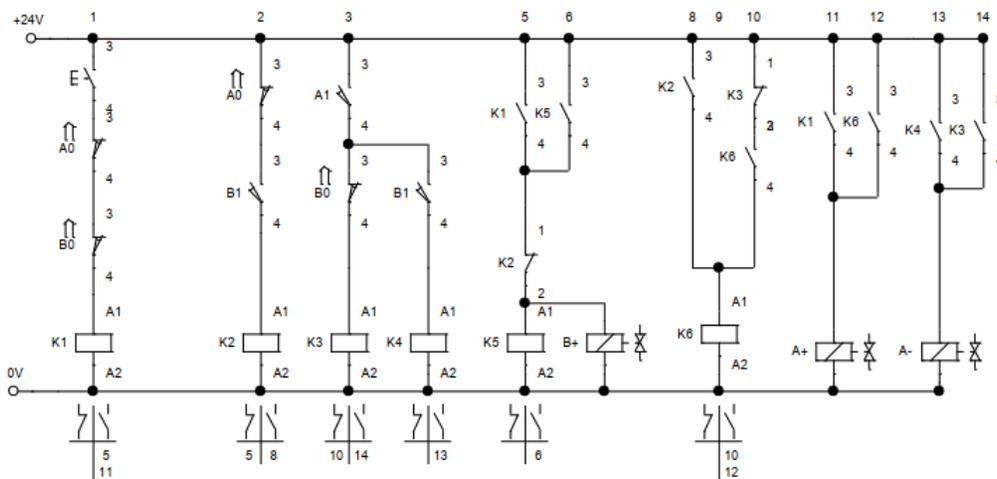


## Circuitos eléctricos y electrónicos

Aquellos circuitos que permiten realizar la gobernanza del comportamiento de algún sistema como tal, para ello se hace uso de circuitos de mando y potencia, en los cuales los sistemas de accionamiento industrial como: pulsadores, interruptores, contactores, relés, motores, temporizadores, fusibles, electroválvulas entre otros, y que mediante la lógica cableada permitirán el control del sistema.

**Figura 11**

*Representación de circuitos eléctricos, electrónicos*



La combinación de los dispositivos electromagnéticos como tal realizarán la interpretación de los circuitos eléctricos y electrónicos necesarios para que la secuencia se cumpla con los requerimientos del proceso industrial.

## Programación

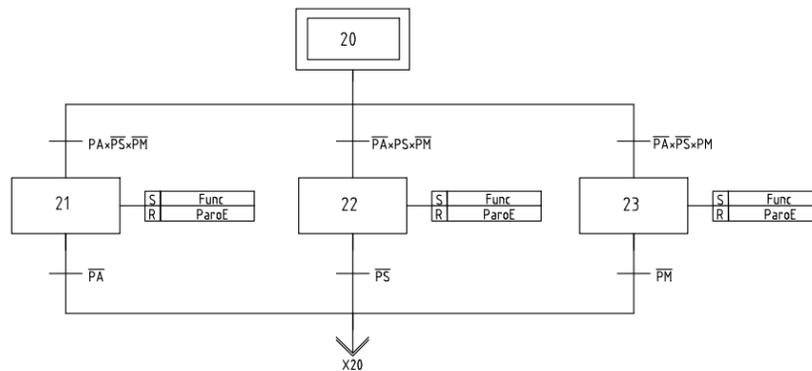
### Grafcet

Es un diagrama secuencial que permite la interpretación del funcionamiento del proceso que se debe realizar, a través de estados que se

ejecutan acorde al cumplimiento de condiciones dependiendo de las entradas y salidas.

**Figura 12**

*Representación lógica de programación Grafcet*

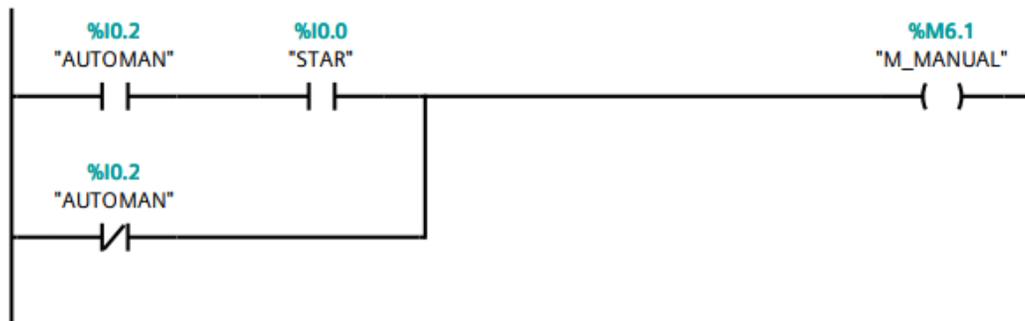


### **Ladder**

Es un lenguaje de programación gráfico enfocado al uso de contactos eléctricos, fácil de entender, y el más usado en la industria a la hora de automatizar procesos industriales.

**Figura 13**

*Representación lógica de programación Ladder*

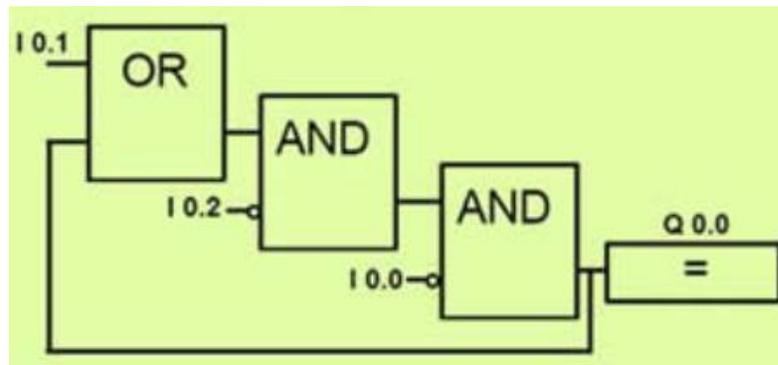


### **Logigrame (compuertas lógicas)**

Lenguaje gráfico que describe el funcionamiento mediante la utilización de bloques de función, los cuales están conectados en cascada formando esquemas similares a los de las compuertas lógicas.

**Figura 14**

*Representación lógica de programación logigrame*



Nota: Figura tomada de (AI09.- Programación de Autómatas Programables., 2021)

### **Bloques de funciones con texto estructurado**

Este es un lenguaje de alto nivel cuya sintaxis se encuentra enfocada los lenguajes basados en texto utilizando sentencias: if, else, while, true, false, and, entre otros, propios de cada software de programación

**Figura 15**

*Representación lógica de programación texto estructurado*

```

IF ( BotonPartir OR Motor ) AND NOT BotonParar THEN
    Motor := TRUE;
ELSE
    Motor := FALSE;
END_IF;

```

## **Monitorización y control**

### ***Aplicaciones 2D***

Son representaciones gráficas mediante un conjunto de aplicaciones en software, permitiendo realizar actividades técnicas como partes, ensambles, circuitería, entre otros, las cuales serán las bases para la creación de nuevos diseños, además de este tipo de aplicaciones son usadas en el ámbito de la supervisión, control y adquisición de datos SCADA.

### ***Aplicaciones 3D***

Estas aplicaciones surgen de la necesidad de proyectar la realidad a través del modelamiento 3D, mediante la utilización de software especializado, con lo cual se puede observar funcionamiento de sistemas complejos, comúnmente estas son utilizadas en ámbitos de educación, entrenamiento, investigación y todo aquello donde se requiere una interpretación de realidad.

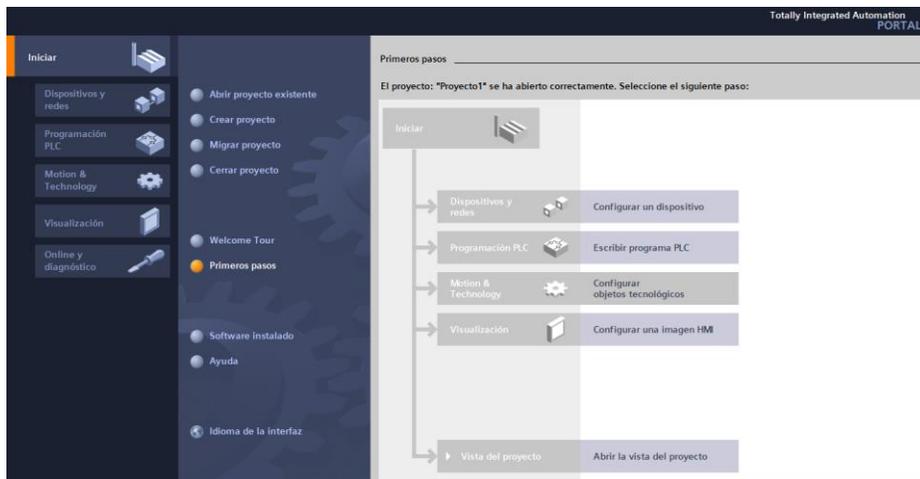
## **Integración de simuladores**

### ***Software de programación Tia Portal***

Tia Portal (Totally Integrated Automation Portal ) de SIEMENS es un software de programación industrial con la capacidad de realizar procesos de planificación y automatización, además de poseer variedad de elementos en una misma interfaz permitiendo un trabajo intuitivo y eficaz.

**Figura 16**

Portada de inicio Software TIA Portal



### ***Integración software de simulación virtual 3D con software de programación***

La integración de softwares es un procedimiento, el cual permite unificar diferentes tipos de partes de subsistemas de software, a menudo estos sistemas se encuentran distribuidos, por lo cual es indispensable la integración para poder supervisar o controlar los sistemas, uno de los métodos más comunes para la integración de este tipo de software es a través de los servidores OPC, un conjunto de especificaciones técnicas que definen un estándar de comunicación, facilitando el intercambio de datos de forma estandarizada.

Hoy en día muchos de los softwares tanto de simulación como virtualización, disponen de servidores propios que permiten tal comunicación, SIEMENS al ser una empresa líder en la automatización, desarrolla estos tipos de software que permite una comunicación con sus dispositivos, uno en el cual se puede virtualizar sus controladores lógicos es S7-PLC Advanced, una de las limitantes de este software, solo se puede realizar la virtualización de los modelos S7-1500, ET 200SP.

## Capítulo IV

### Diseño e integración

La recreación de los modelos se basará en aplicaciones que se pueden encontrar en la industria, en los cuales intervienen los componentes de sistemas de accionamiento industriales, empezando desde actuadores lineales, de simple y doble efecto, rotatorios de giro horario y antihorario, además de piezas en la cual se realice el proceso en específico.

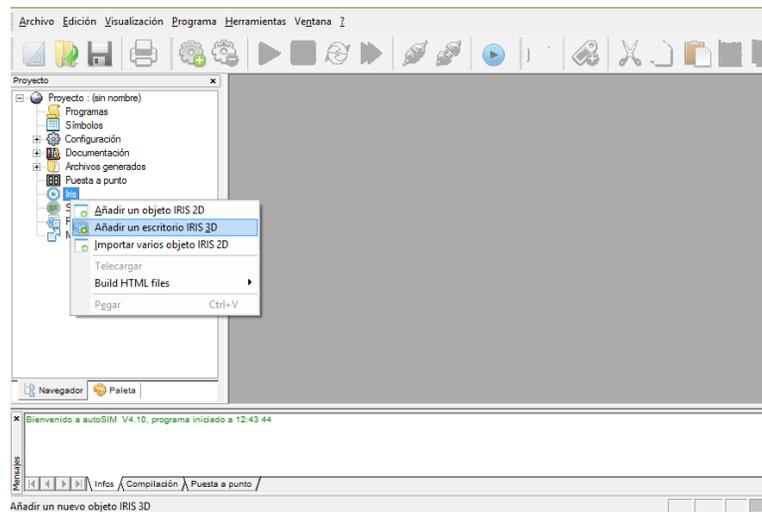
Dada la caracterización de los software de simulación en 2D y 3D, el autoSIM-200 es el indicado para recrear los modelos, al tener disponibilidad de compatibilidad en sistemas operativos antiguos y actuales, de no requerir de tantos recursos de hardware, y la opción del demo gratuito limitado por 40 días, representa la mejor herramienta, la adquisición se lo realiza mediante el archivo de descarga que se lo encuentra en la página de entrenamiento del fabricante SMC Training , los detalles de configuración e instalación se los puede encontrar en el manual de usuario verificar Anexo A.

### **Recreación de 3 modelos 3D de aplicaciones industriales virtuales**

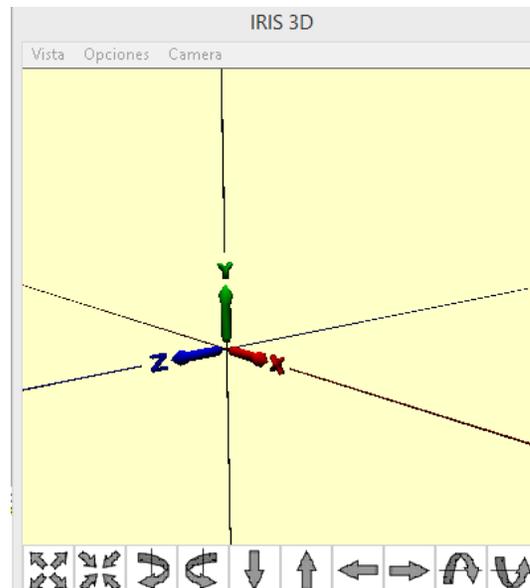
#### ***Taladrado de piezas***

El diseño de la primera aplicación taladrado de piezas consiste en la utilización de componentes existentes en software autoSIM-200, tanto en visualización de escritorio 3D como 2D, además de la incorporación de componentes externos mediante software de diseño CAD como SolidWorks.

La creación del escritorio en 3D se empezará desde la pantalla izquierda, en la opción de Iris, la cual desplegará opciones, la selección de “Añadir un escritorio 3D” será el primer paso para la incorporación de piezas.

**Figura 17***Incorporación de un escritorio 3D*

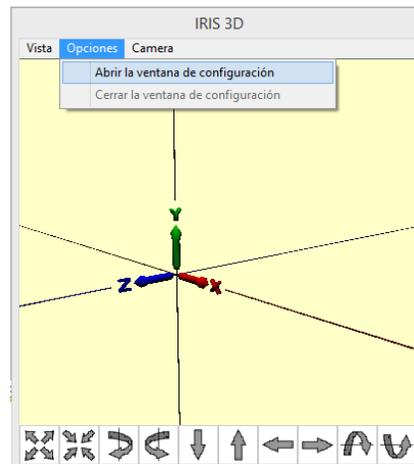
Con la selección del escritorio 3D desplegará una ventana, donde se podrá realizar configuraciones para el entorno 3D como color de fondo, vectores de gravedad, posicionamiento de alumbrado las cuales por defecto ya vienen escritas, seleccionar la opción de “OK” para obtener nuestro entorno 3D.

**Figura 18***Entorno IRIS 3D*

Con el escritorio disponible se procede a la importación de componentes, para lo cual se realiza la selección de “Opciones” y se desplegará, “Abrir la ventana de configuración”.

**Figura 19**

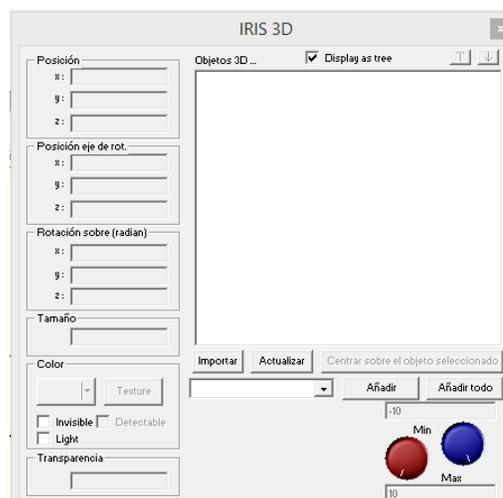
*Ventana de configuración para importar componentes*



En esta ventana, permite realizar la importación de componentes disponibles en el software, con la opción “Importar”, al seleccionarlo indicará todos los recursos disponibles.

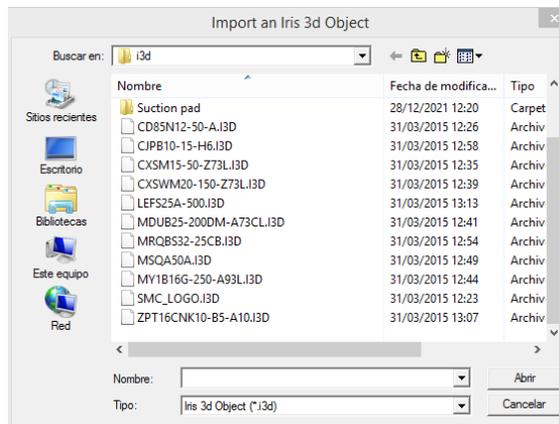
**Figura 20**

*Ventana de importación de componentes*



**Figura 21**

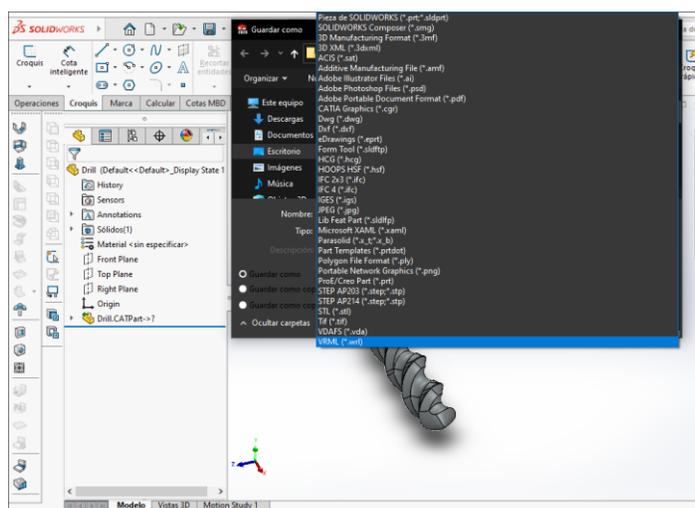
*Listado de componentes para la importación al escritorio 3D*



Quando se requiera la importación de un modelo construido en software de diseño CAD, este debe estar lo más limitado en detalle, debido a la transformación propia que posee el software de autoSIM-200, el tiempo que tardaría en realizar tal conversión para poder ser utilizado, como inicio se procede a crear un modelo en el software SolidWorks que posteriormente se guardará en un formato .wrl.

**Figura 22**

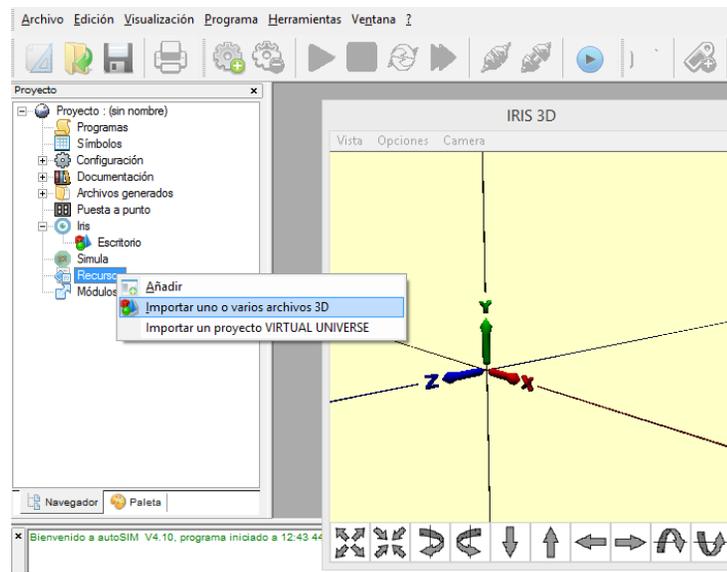
*Exportación de la figura diseñada a formato .wrl*



Con el archivo guardado se realiza la importación hacia el escritorio de IRIS 3D, con la opción de “Recursos”, “Importar uno o varios Archivos 3D”.

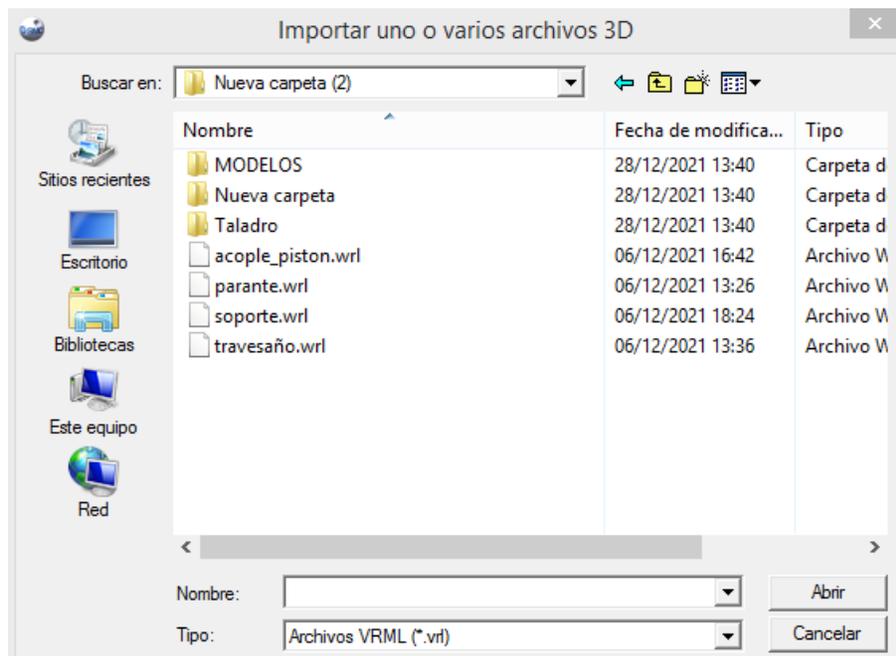
**Figura 23**

*Importación de modelo 3D externo*



**Figura 24**

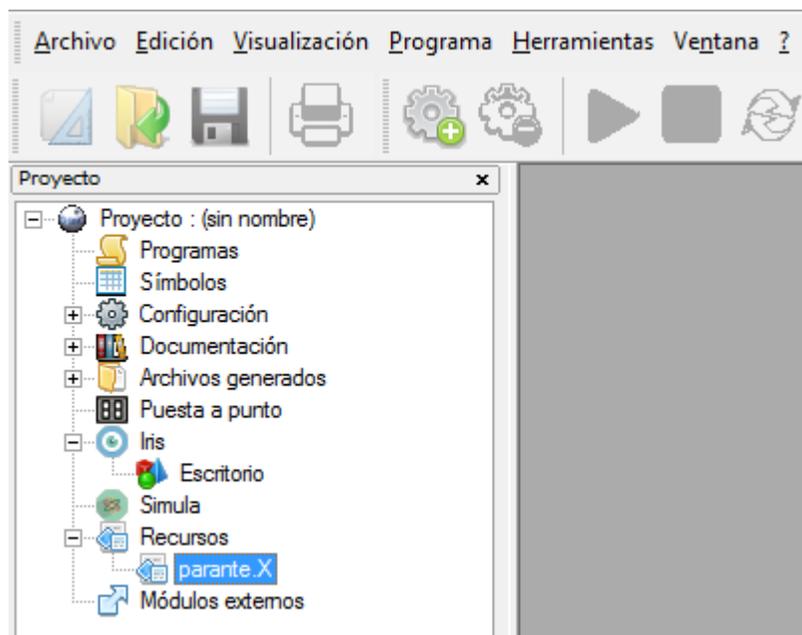
*Listado de componentes para la importación IRIS 3D*



Seleccionar el archivo que se ha guardado previamente con el formato .wrl en consecuencia, el software realizará la conversión hacia un formato que el escritorio 3D puede realizar la interpretación.

### Figura 25

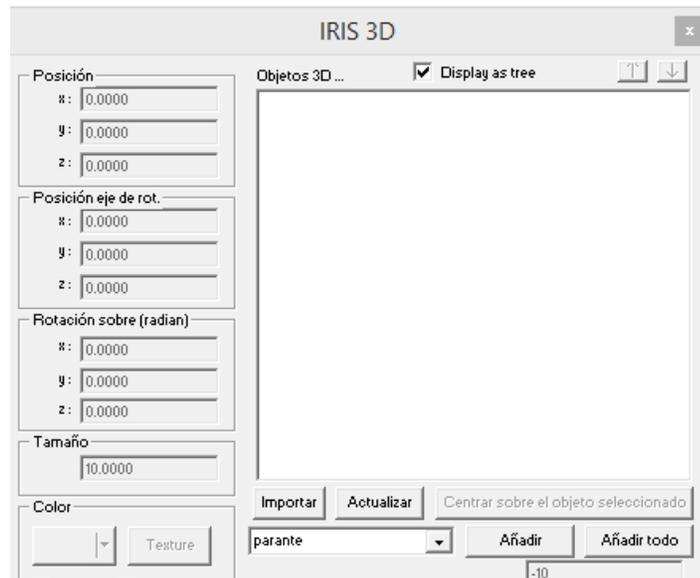
*Archivo importado al formato de interpretación de IRIS 3D*



Con la disponibilidad del archivo diseñado externamente, se realiza la importación hacia el escritorio, en la ventana de configuración de IRIS 3D de la figura 26, en la parte inferior de las opciones “Importar” y “Actualizar”, existe un cuadro donde se despliegan todos los componentes importados.

**Figura 26**

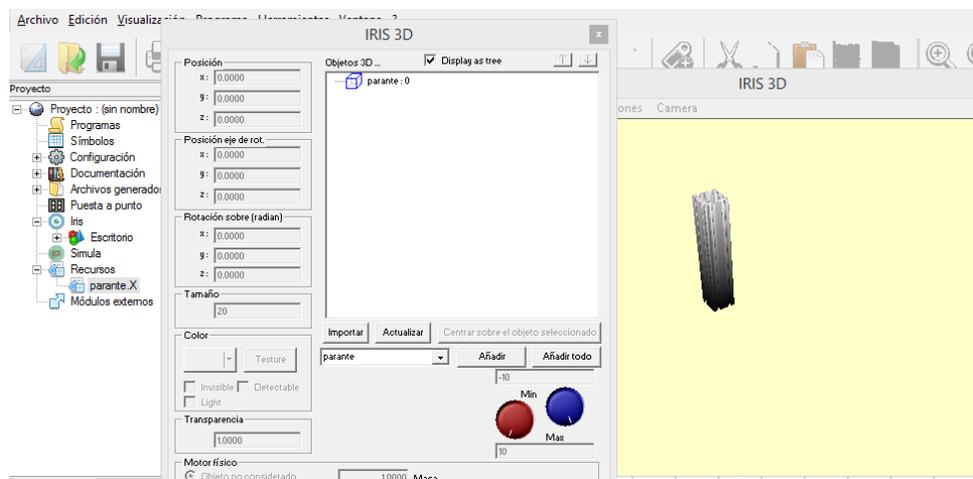
*Incorporación de componente externo al escritorio IRIS 3D*



Con la opción de Añadir se puede realizar la importación del componente deseado hacia el escritorio 3D, como se puede observar en la figura 27, con modelar el tamaño estará listo para proceder con el diseño.

**Figura 27**

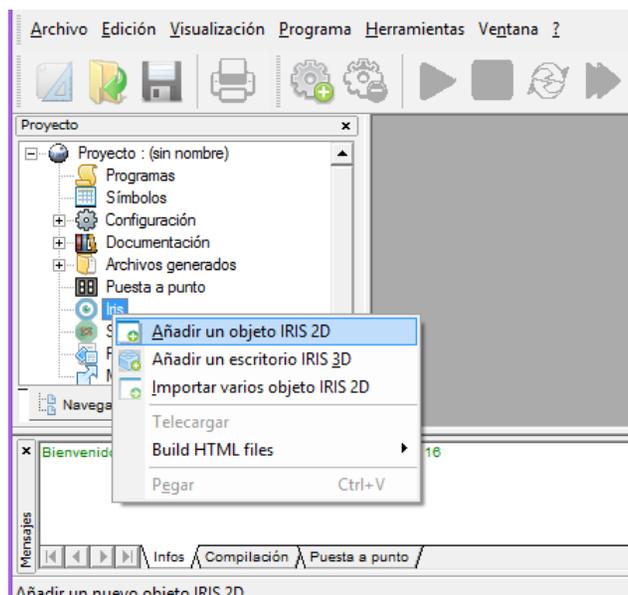
*Componente externo en entorno IRIS 3D*



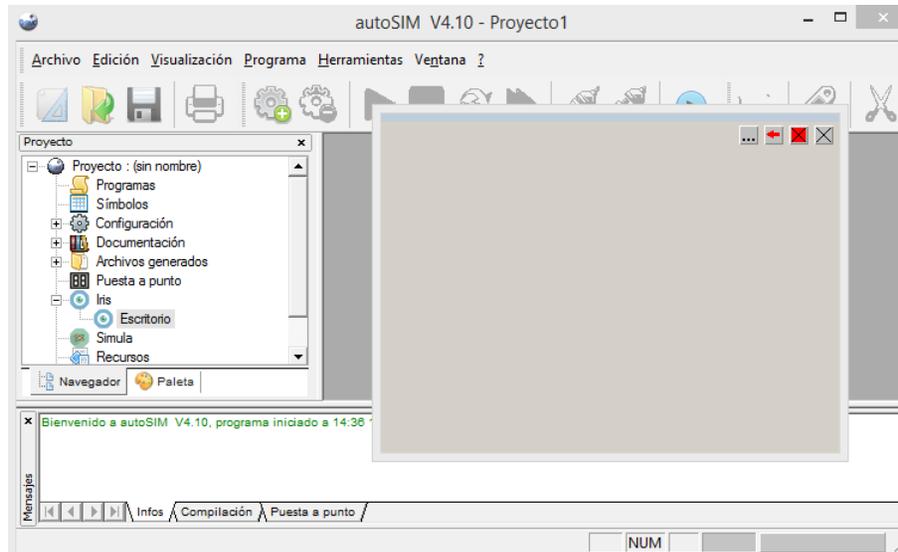
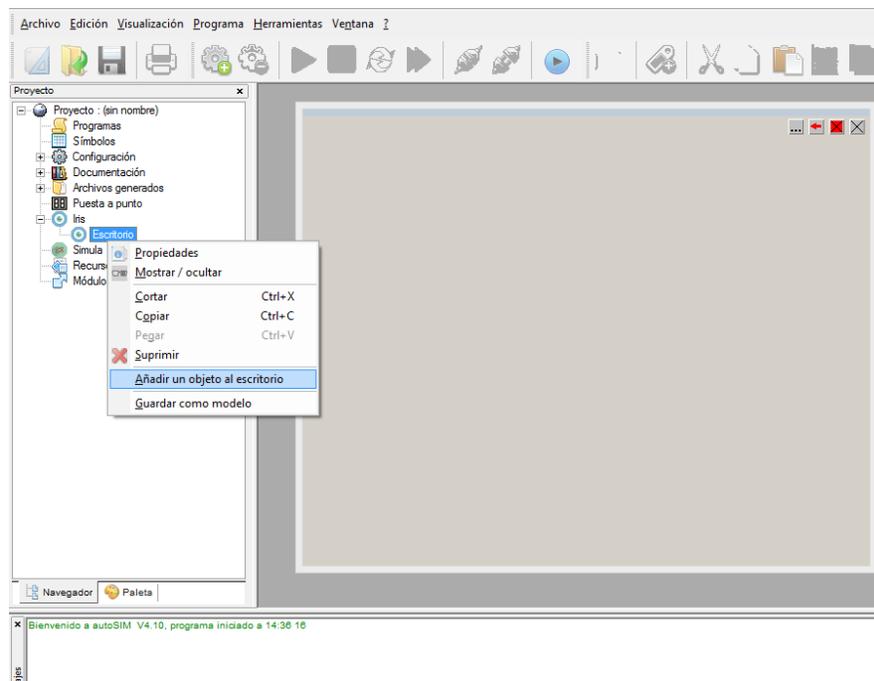
Para la incorporación de un escritorio en 2D el cual servirá como panel de control, donde se podrá realizar actividades sencillas como activar / desactivar y visualización de alarmas, se inicia con un objeto IRIS 2D.

### Figura 28

#### *Incorporación de un escritorio IRIS 2D*



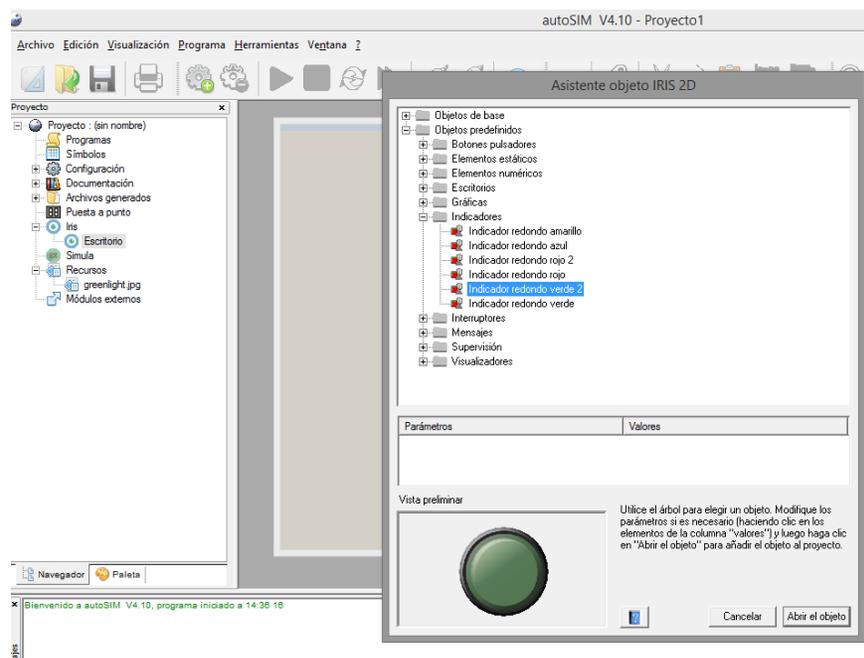
Con la selección de la opción “Añadir un objeto IRIS 2D”, despliega una ventana de asistente, facilitando la inclusión de varios objetos base y objetos predefinidos, se selecciona escritorio el cual genera una plantilla base permitiendo añadir, botones, textos, imágenes y otros componentes.

**Figura 29***Escritorio IRIS 2D***Figura 30***Incorporación de elementos de control al escritorio IRIS 2D*

Con la opción “Añadir objeto al escritorio” y la opción de “Objetos predefinidos”, se realiza la selección del elemento necesario que servirá como control para la parte del escritorio IRIS 3D.

**Figura 31**

*Elementos de visualización y control en escritorio IRIS 2D*



Definido un modelo se procede a la creación de un entorno donde se pueda visualizar tanto en 3D y el 2D, el primer modelo está constituido, a la izquierda de color rojo, diseño en 3D virtual, y en la parte superior e inferior derecha de color celeste, la visualización de Alarmas, y color verde botones de comando.

**Figura 32**

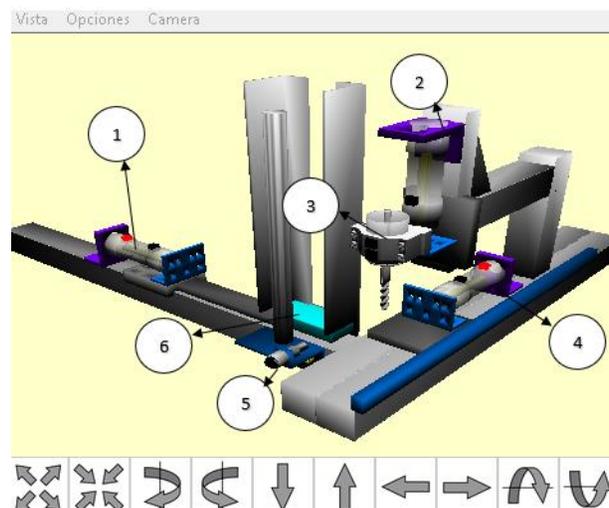
*Distribución de los entornos en IRIS 3D y IRIS 2D del modelo de taladradora*



La distribución en el escritorio IRIS 3D, consiste en una serie de bases de modelos básicos, que pretenden recrear un ambiente de taladradora de piezas, interviniendo los principales componentes de accionamiento industrial, distribuidos acorde a la siguiente figura.

**Figura 33**

*Distribución de componentes de accionamiento industrial en IRIS 3D*



1. Actuador lineal de doble efecto que realiza la tarea de empuje horizontal de la pieza rectangular hacia el proceso de taladrado
2. Actuador lineal de doble efecto que desplaza al actuador rotatorio de forma vertical.
3. Actuador rotatorio de giro horario y antihorario que simula perforación en la pieza rectangular.
4. Actuador lineal de doble efecto que realiza el empuje de la zona de taladrado para volver a empezar el ciclo de trabajo.
5. Sensor de presencia que indica la disponibilidad de pieza en el depósito.
6. Pieza rectangular en la cual se desarrollará el proceso de taladrado.

La distribución en el escritorio de IRIS 2D está basado en indicadores y botones para la visualización y control del proceso.

### Figura 34

*Distribución de los componentes en el escritorio IRIS 2D modelo taladrado*



- Alarmas: todos los indicadores respecto al funcionamiento del proceso, si este se encuentra en marcha, paro o la disponibilidad de piezas.
- Botones de comando: los que permiten el control del proceso, como el ingreso de piezas, la detección de piezas, el INICIO del proceso, PARO y RESET.

### ***La carga de materia prima***

Es una de las aplicaciones que más se encuentran dentro de una industria, y ha sido de varios ejemplos en prácticas de accionamiento industrial, para su recreación se realiza en un escritorio en IRIS tanto de la parte 3D virtual como la 2D. El cuadro de color rojo situada a la izquierda muestra el modelo de carga de materia prima, mientras que en la parte superior e inferior derecha se encuentran los indicadores, y los botones que permiten el control de funcionamiento del modelo recreado.

### **Figura 35**

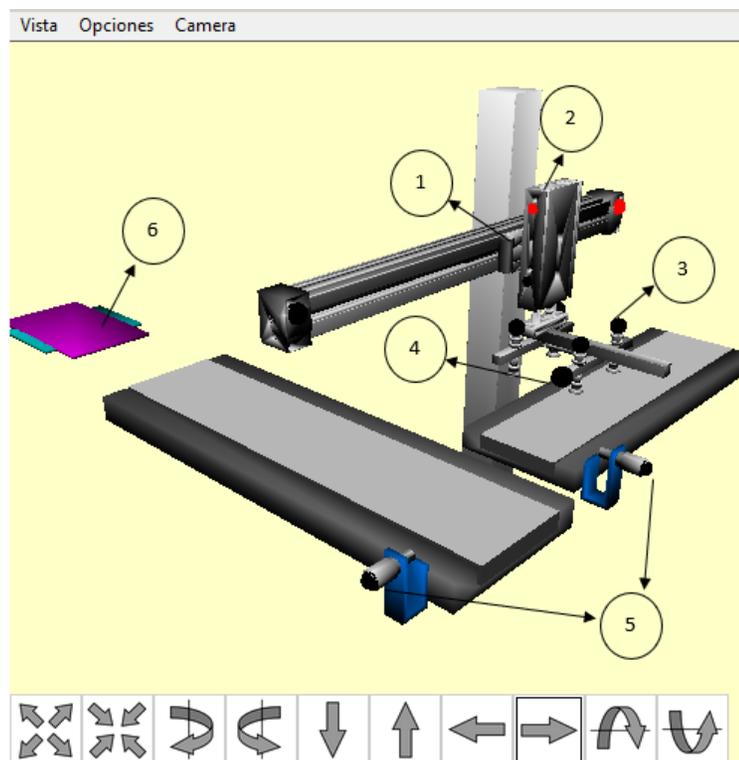
*Distribución de los entornos en IRIS 3D y IRIS 2D modelo carga de materia prima*



La distribución del escritorio virtual en IRIS 3D se basa en la utilización de componentes, lineales y de sujeción distribuidas acorde a la siguiente figura.

### Figura 36

*Distribución de componentes en IRIS 3D modelo de carga de materia prima*



1. Actuador lineal doble efecto, que permite el desplazamiento en forma horizontal de otro actuador lineal
2. Actuador lineal de doble efecto, realiza el desplazamiento de forma vertical hasta llegar al material, para realizar la sujeción a partir de una ventosa
3. Indicador que hace referencia a la activación de la ventosa para la sujeción de las piezas.

4. Actuador lineal de simple efecto que permite expandir la dimensión de la ventosa en caso de que el material para la sujeción sea más grande.
5. Sensores de presencia que indican si existe pieza y si la pieza ha llegado a la segunda posición.
6. Material de sujeción para realizar el desplazamiento desde una posición hacia otra.

La distribución para el escritorio en IRIS 2D está constituida por la siguiente figura involucrando alarmas del proceso y botones de comando.

### Figura 37

*Distribución de los componentes en el escritorio IRIS 2D modelo carga de materia prima*



- Alarma: los indicadores luminosos como inicio para del proceso y la disponibilidad de piezas.

- Botones de comando: permiten la puesta en marcha del modelo utilizando botones de INICIO, PARO y RESET, además de la capacidad de ingreso de piezas grandes o pequeñas, contador de piezas desplazadas, y la detección de piezas.

### **La operación de manufactura**

Permite modificar características de la materia prima, existen varios procesos que sirven como ejemplo, uno de los utilizados es el rectificado de piezas huecas involucrando actuadores lineales y rotatorios. El cual se encuentra distribuida de la siguiente forma.

A la izquierda de color rojo el diseño virtual 3D de la rectificadora de piezas, y en la parte derecha los indicadores de alarma y botones de comando.

### **Figura 38**

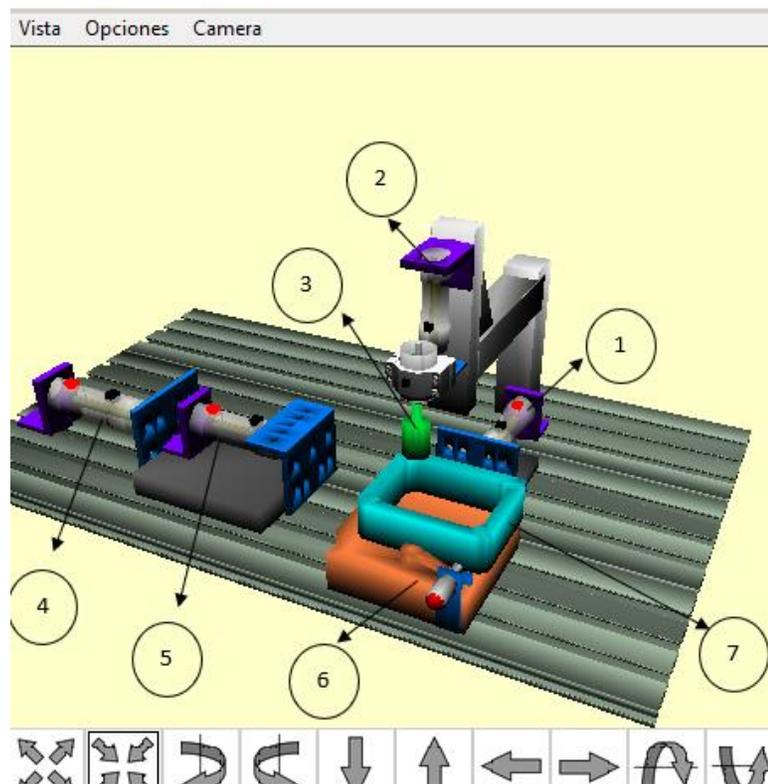
*Distribución de los entornos en IRIS 3D y IRIS 2D modelo operación de manufactura*



La distribución de este modelo de rectificado se basa en la utilización de actuadores lineales de simple y doble efecto, así como el rotatorio.

### Figura 39

*Distribución de componentes en IRIS 3D modelo operación de manufactura*



1. Actuador lineal de doble efecto que permite el desplazamiento de forma horizontal de la mesa donde se encuentra ubicado la pieza.
2. Actuador lineal de simple efecto que realiza el desplazamiento de forma vertical del actuador rotatorio.
3. Actuador rotatorio que permite emular el funcionamiento de rectificado de la pieza.
4. Actuador lineal doble efecto que realiza desplazamiento horizontal de la mesa.

5. Actuator lineal de doble efecto que realiza el desplazamiento del cilindro asociado.
6. Mesa de trabajo que realiza desplazamientos horizontales
7. Pieza donde se realiza el proceso de rectificación.

Es indispensable tener el control para la puesta en servicio de este modelo recreado, por lo tanto, el diseño de IRIS 2D se encuentra distribuida de la siguiente forma.

#### Figura 40

*Distribución de los componentes en el escritorio IRIS 2D modelo operación de manufactura*



- Alarmas: todos los indicadores referentes a presencia de pieza, proceso en paro, proceso en marcha, y alerta de presión.
- Botones de comando: la puesta en marcha del proceso utilizando los botones de INICIO, PARO, modo de funcionamiento, automático y manual, y RESET del proceso, además del ingreso

de piezas y el conteo de estas, sin dejar de lado el manejo y visualización de la presión.

#### **Sincronización de interactividad de movimientos de los modelos 3D virtuales**

El modelo de taladrado virtual 3D consiste en desplazamiento acorde a los ejes “X”, “Y”, “Z” en el cual el modelo ha sido desarrollado, teniendo en cuenta que están relacionadas con la asignación de entradas y salidas que se presentan en la siguiente tabla.

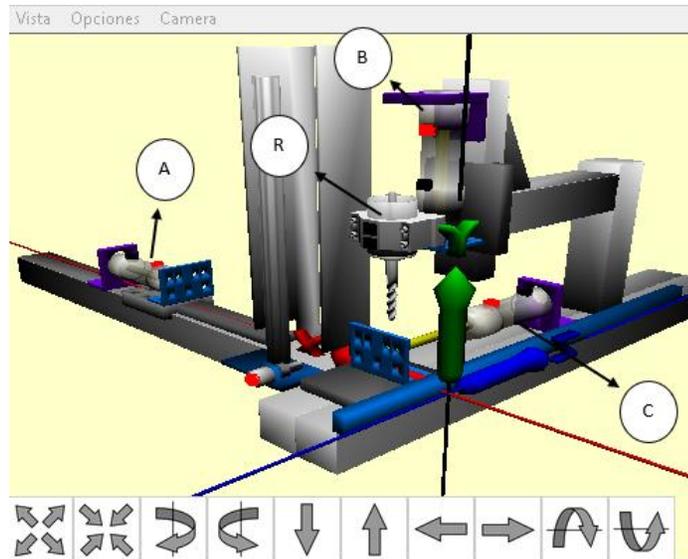
**Tabla 4**

*Asignación de entradas y salidas del modelo de taladrado*

SÍMBOLO	VARIABLES	COMENTARIOS
STAR	i0	PULSADOR DE MARCHA
STOP	i1	PULSADOR DE PARO
RESET	i2	PULSADOR RESET
FCA0	i3	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CA)
FCA1	i4	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CA)
FCB0	i5	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CB)
FCB1	i6	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CB)
FCC0	i7	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CC)
FCC1	i8	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CC)
PIEZA	i9	INGRESO PIEZA
S1	i10	SENSOR DE PRESENCIA
AMAS	o0	ACTIVACIÓN AVANCE
AMENOS	o1	ACTIVACIÓN RETROCESO
BMAS	o2	ACTIVACIÓN AVANCE
BMENOS	o3	ACTIVACIÓN RETROCESO
CMAS	o4	ACTIVACIÓN AVANCE
CMENOS	o5	ACTIVACIÓN RETROCESO
GIROH	o6	GIRO HORARIO
GIROA	o7	GIRO ANTIHORARIO
LSTAR	o10	LUZ INDICADORA DE FUNCIONAMIENTO
LSTOP	o11	LUZ INDICADORA DE PARO
LPIEZA	o12	LUZ INDICADORA DE PIEZA

**Figura 41**

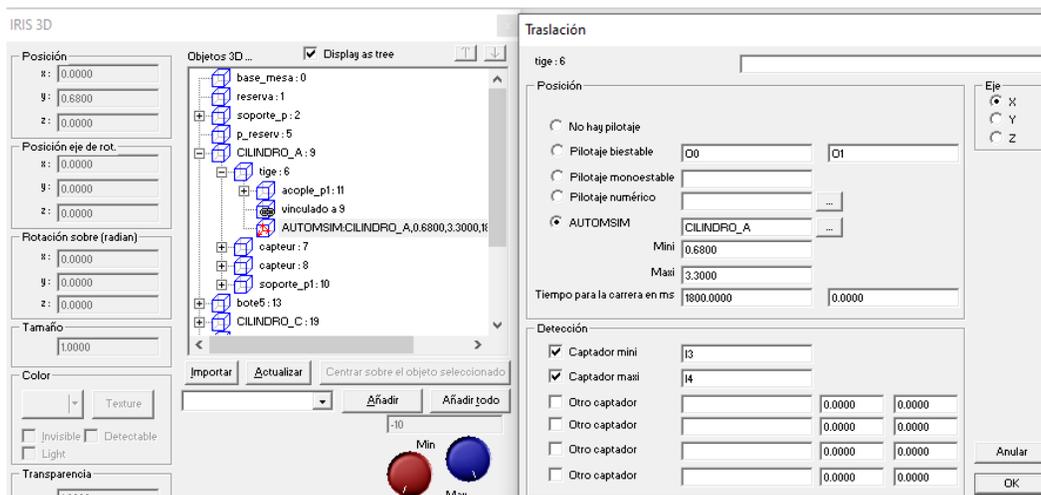
*Composición de los actuadores en el modelo de taladrado*



Actuador de doble efecto denominado "A", tiene un desplazamiento de traslación en función de la dirección del eje "X", contando con activación de avance y retroceso con variables representada en O0, O1, y sus respectivos captadores de posición correspondiente al recorrido mínimo y máximo con I3, I4.

**Figura 42**

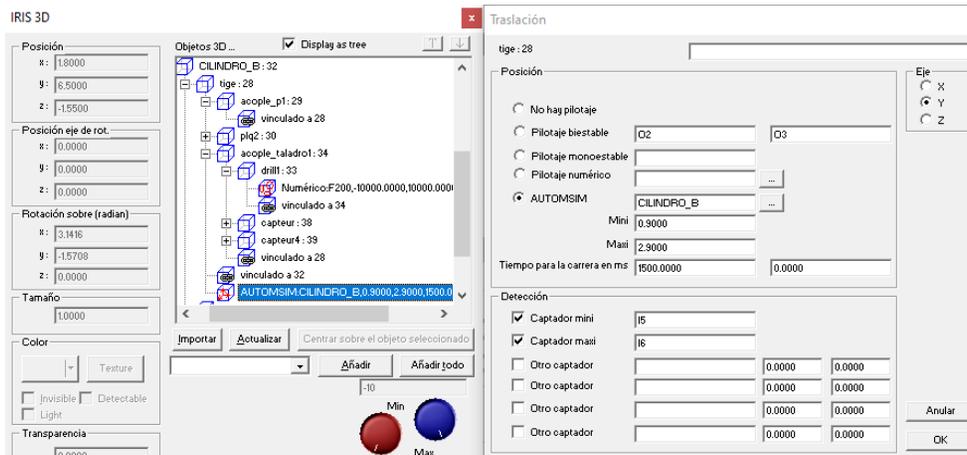
*Parámetros de configuración del cilindro "A" modelo de taladrado*



El actuador doble efecto denominado “B” tiene un desplazamiento de traslación en el eje “Y”, sus respectivas activaciones de avance y retroceso con O2, O3 y sus captadores de posición de mínimo y máximo avance con I5, I6.

**Figura 43**

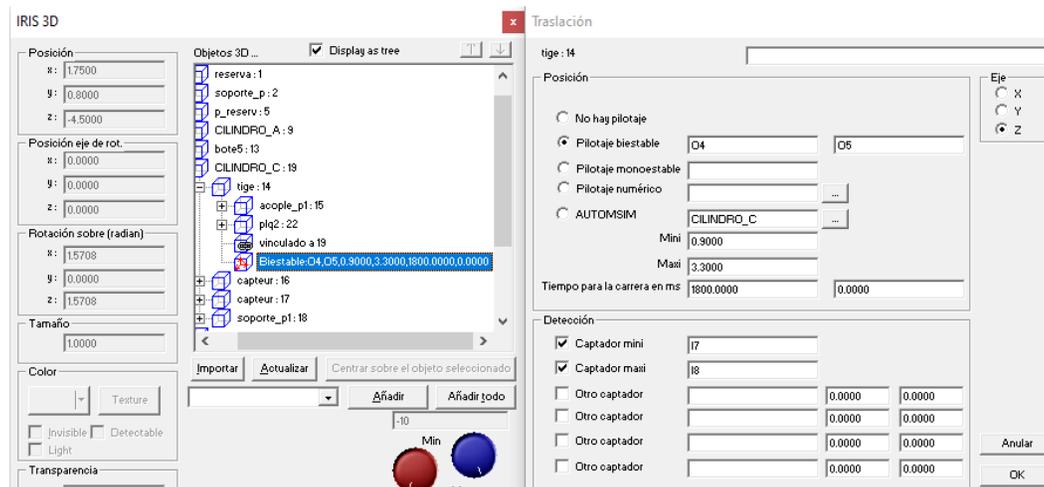
*Parámetros de configuración del cilindro "B" modelo de taladrado*



El actuador de doble efecto denominado “C”, tiene un desplazamiento de traslación en el eje “Z”, con su activación de avance y retroceso en O4, O5 y de su captador de mínimo y máximo avance I7, I8.

**Figura 44**

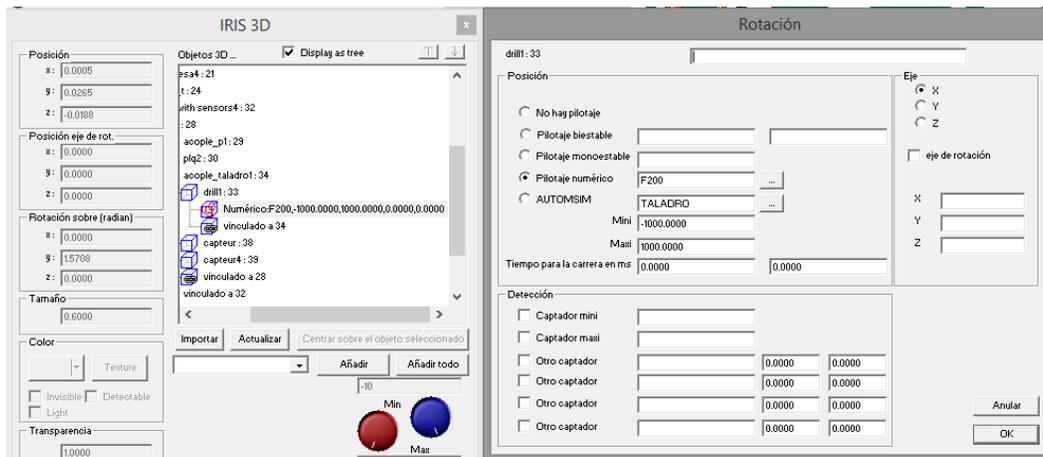
*Parámetros de configuración del cilindro “C” modelo de taladrado*



El actuador rotatorio denominado “R” tiene rotación acorde a la variable numérica F200, que mediante código se dispone a realizar el giro sobre al eje que este asociado.

**Figura 45**

*Parámetros de configuración del actuador rotatorio modelo de taladrado*



Todos estos actuadores de sistemas de accionamiento industrial están relacionados a una velocidad en milisegundos, permitiendo la sincronización de los desplazamientos en los ejes “X”, “Y”, “Z”

Modelo carga de material.

La sincronización de movimientos de los actuadores de carga de materia prima corresponde a la disposición según sea su ubicación en los ejes “X”, “Y”, “Z”, además de estar relacionadas con la variable de asignación de entradas y salida que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

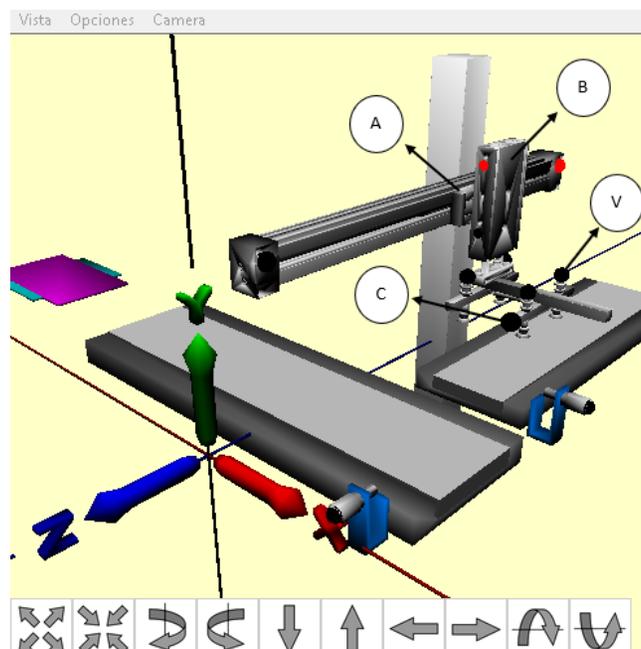
*Asignación de entradas y salidas del modelo de carga de materia prima*

SÍMBOLOS	VARIABLES	COMENTARIOS
STAR	i0	PULSADOR DE MARCHA
STOP	i1	PULSADOR DE PARO
RESET	i3	PULSADOR RESET

FCA0	i4	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CA)
FCA1	i5	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CA)
FCB0	i6	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CB)
FCB1	i7	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CB)
FCC0	i8	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CE)
FCC1	i9	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CA)
BODY1	i10	INGRESO PIEZA PEQUEÑA
BODY2	i11	INGRESO PIEZA GRANDE
S1	i12	SENSOR DE PRESENCIA
S2	i13	SENSOR DE PRESENCIA
AMAS	o1	ACTIVACIÓN AVANCE
AMENOS	o2	ACTIVACIÓN RETROCESO
BMAS	o3	ACTIVACIÓN AVANCE
BMENOS	o4	ACTIVACIÓN RETROCESO
CMAS	o5	ACTIVACIÓN AVANCE
LSTAR	o20	LUZ INDICADORA DE FUNCIONAMIENTO
LSTOP	o21	LUZ INDICADORA DE PARO
LPIEZA	o22	LUZ INDICADORA DE PIEZA
VENTOSA	o23	LUZ INDICADORA DE VENTOSA

**Figura 46**

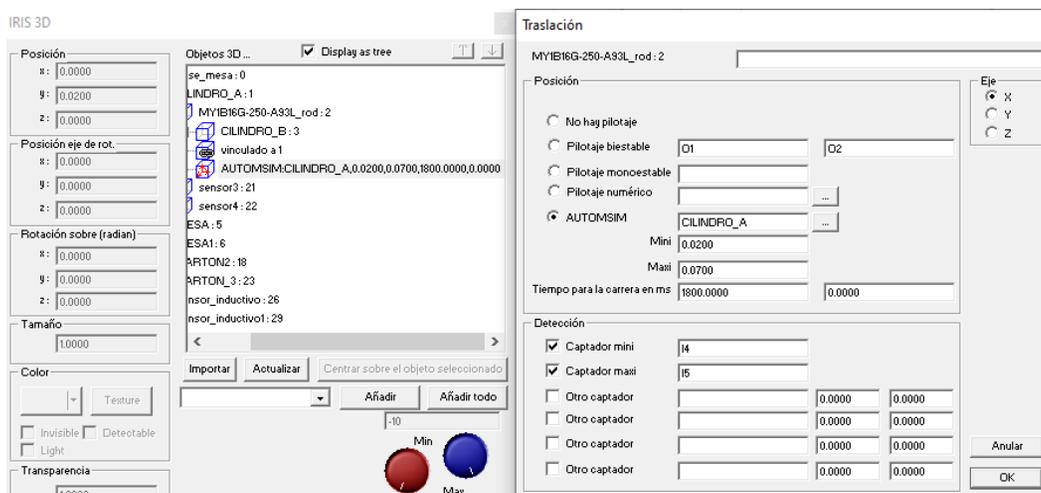
*Composición de los actuadores en el modelo de carga de materia prima*



El actuador “A” de doble efecto corresponde a un movimiento de traslación en el eje “Z”, considerando las acciones de avance y retroceso indicadas por las variables de salida O1, O2 y con sus respectivos captadores de posición inicial y final denotados por I4, I5, además del tiempo para realizar la acción (velocidad de desplazamiento en milisegundos).

**Figura 47**

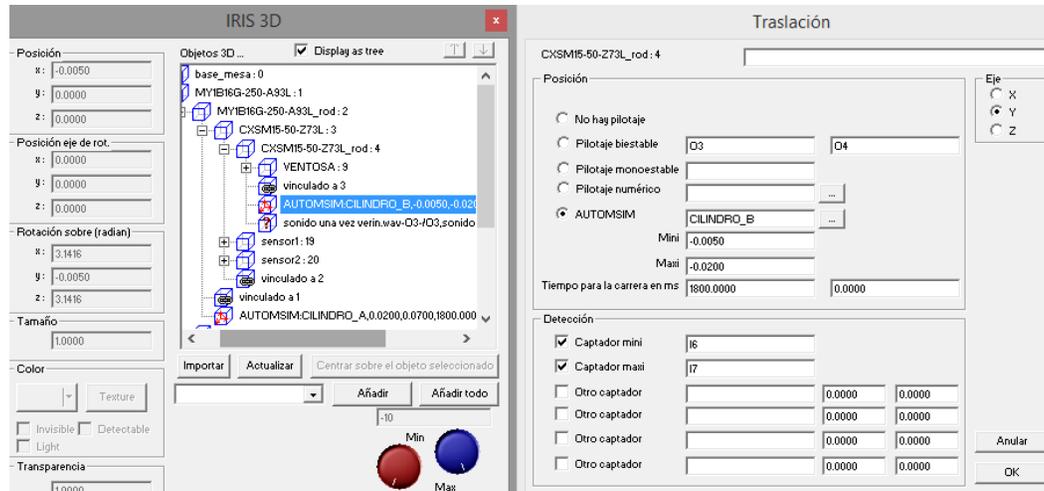
*Parámetros de configuración del actuador “A” modelo de carga de materia prima*



El actuador “B” de doble efecto consiste en un movimiento de traslación en el eje “Y”, obedeciendo por variables de avance y retroceso denotadas por O3, O4 y los captadores de posición inicial y final denominadas I6, I7.

Figura 48

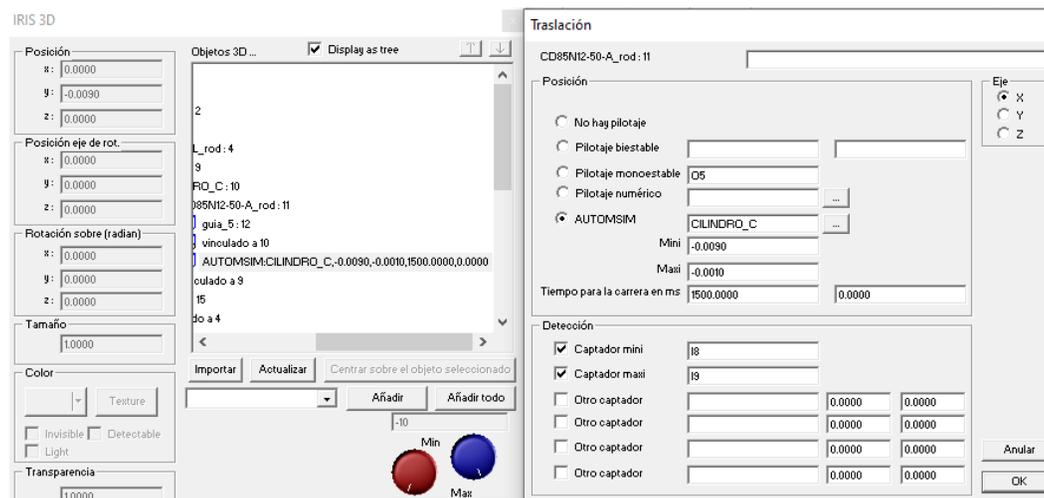
Parámetros de configuración del actuador "B" modelo de carga de materia



El actuador "C" de simple efecto, permite extender la dimensión donde se encuentra la ventosa, su avance está controlado por la variable O5, y su captadores de posición inicial y final I8, I9.

Figura 49

Parámetros de configuración del actuador "C" modelo de carga de materia prima



Modelo operación de manufactura

Al igual que los modelos previamente diseñados obedece a desplazamientos en los ejes “X”, “Y”, “Z”, tomando en cuenta las variables asignadas de entrada y salida.

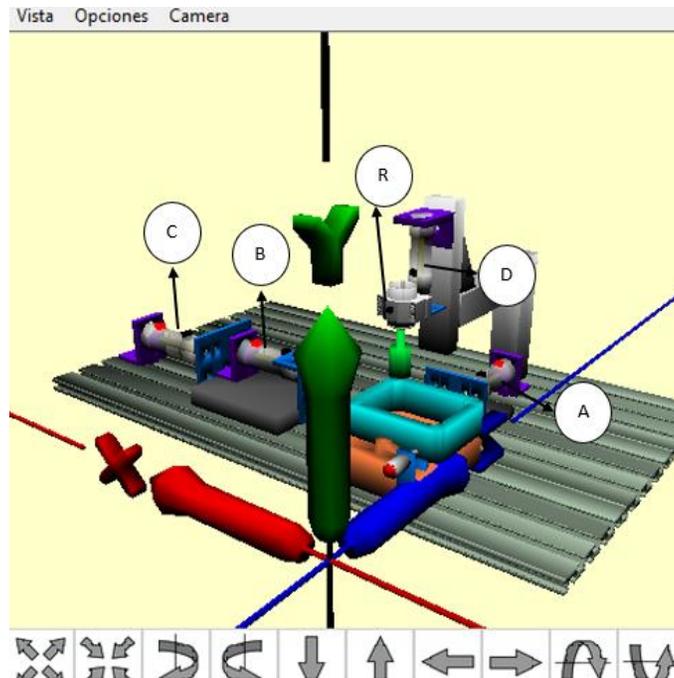
**Tabla 6**

*Asignación de entradas y salidas del modelo operación de manufactura*

Símbolos	Variables	Comentarios
STAR	i0	PULSADOR DE MARCHA
STOP	i1	PULSADOR DE PARO
AUTOMAN	i2	PARO DE EMERGENCIA
RESET	i3	PULSADOR RESET
FCA0	i4	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CA)
FCA1	i5	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CA)
FCB0	i6	VERIFICACIÓN POSICIÓN RETROCESO (CB)
FCB1	i7	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CB)
FCC0	i8	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CC)
FCC1	i9	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CC)
FCD1	i10	VERIFICACIÓN POSICIÓN AVANCE (CD)
BODY1	i15	INGRESO PIEZA CUADRADA
BODY2	i16	INGRESO PIEZA RECTANGULAR
S1	i17	SENSOR DE PIEZA
CONT 1	m200	CONTADOR CUADRADAS
CONT 2	m201	CONTADOR RECTÁNGULO
PRESION	F200	VARIACIÓN DE PRESIÓN
AMAS	o0	ACTIVACIÓN AVANCE A
BMAS	o1	ACTIVACIÓN AVANCE B
CMAS	o2	ACTIVACIÓN AVANCE C
DMAS	o3	ACTIVACIÓN AVANCE D
GIRO	o4	ACTIVACIÓN GIRO
LSTAR	o5	LUZ INDICADORA DE FUNCIONAMIENTO
LSTOP	o6	LUZ INDICADORA DE PARO
LPIEZA	o7	LUZ INDICADORA DE PIEZA
LPRESION	o8	LUZ INDICADORA DE PRESIÓN

**Figura 50**

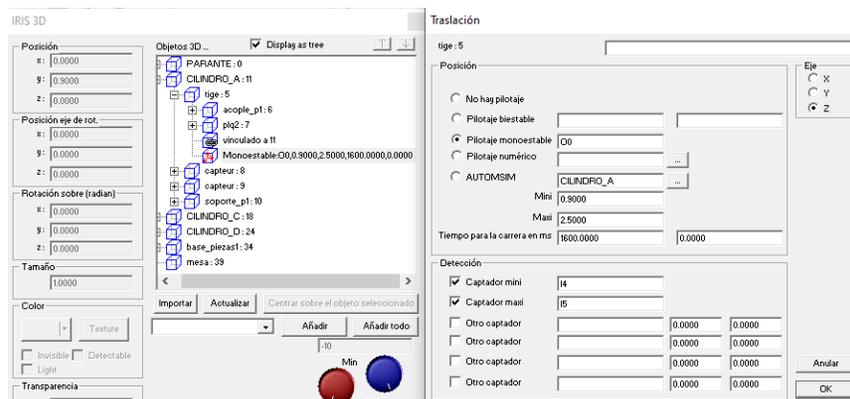
*Composición de los actuadores en el modelo de operación de manufactura*



El actuador “A” de doble efecto realiza un desplazamiento en eje “Z”, lo realiza mediante la activación de la única variable de desplazamiento asociada a la tabla de entrada y salida definidas por O0, además de los captadores de posición mínima y máxima I4, I5.

**Figura 51**

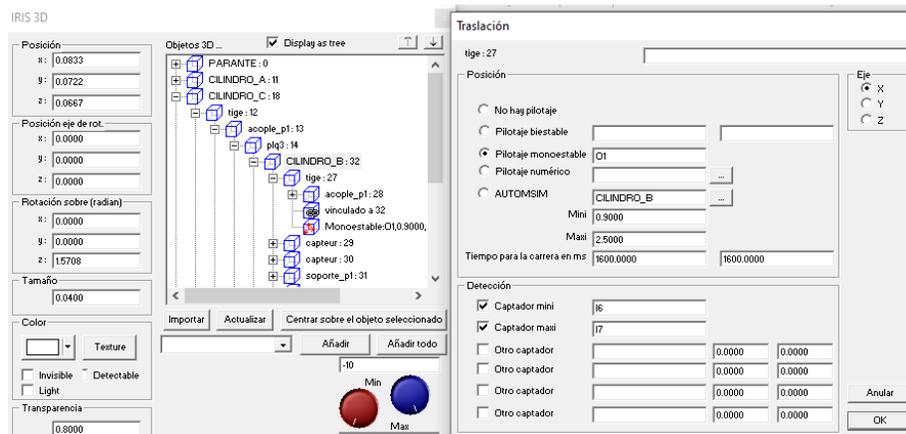
*Parámetros de configuración del actuador “A” modelo operación de manufactura*



El actuador “B” de doble efecto realiza el desplazamiento en eje “X”, este tipo de actuador tiene asignado su variable de desplazamiento en O1, y sus captadores de posición mínima y máxima en I6, I7.

**Figura 52**

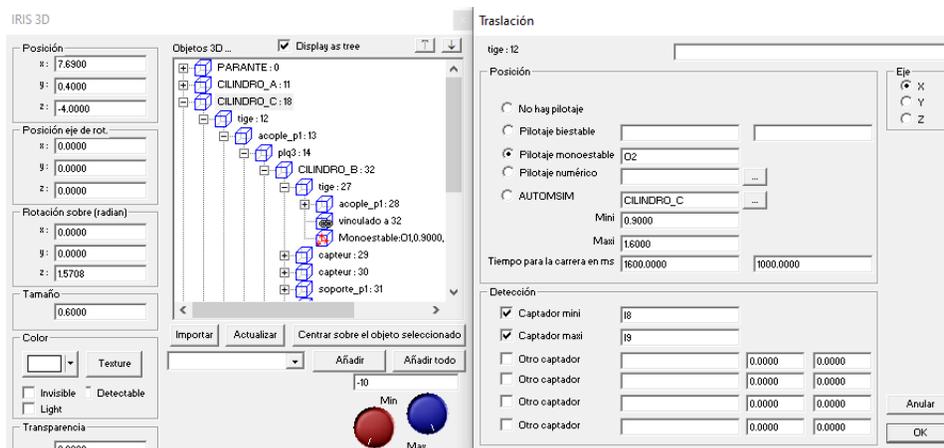
*Parámetros de configuración del actuador “B” modelo operación de manufactura*



El actuador “C” de doble efecto realiza el mismo desplazamiento que el actuador “B”, debido a que están vinculados en un único movimiento, sin embargo, este dispone de diferentes variables de desplazamiento en O2, y su captadores de posición en I8, I9.

**Figura 53**

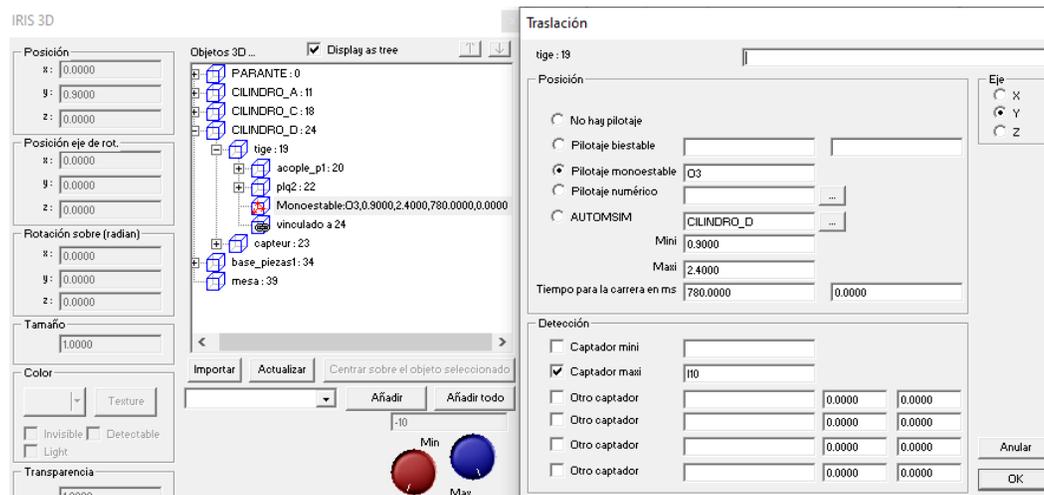
*Parámetros de configuración del actuador “C” modelo operación de manufactura*



El actuador “D” de simple efecto realiza un desplazamiento en el eje “Y”, lo realiza mediante la variable asignada O4, y con un único captador de posición máxima en I10.

**Figura 54**

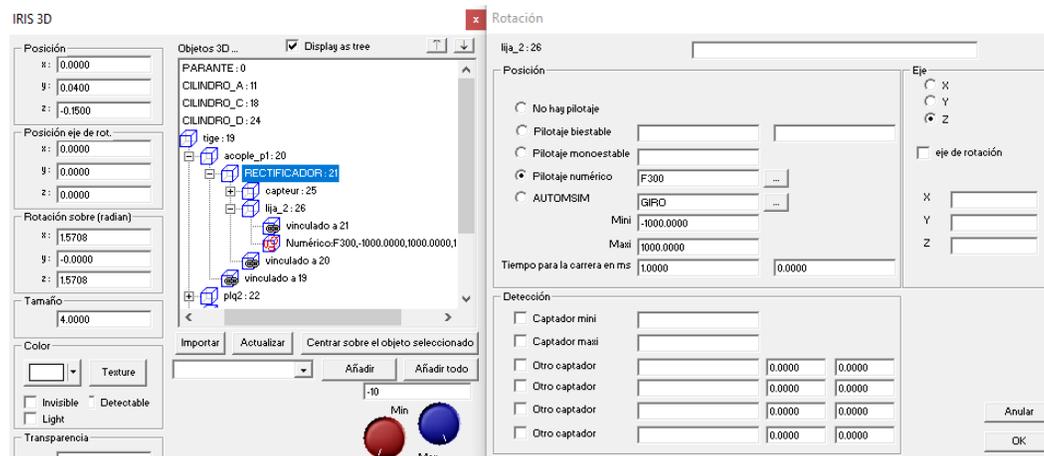
*Parámetros de configuración del actuador “D” modelo operación de*



El actuador “R” realiza el movimiento de rotación emulando el proceso de rectificación para lo cual, está asociado a la variable de activación O4 y que en conjunto con la variable numérica de asignación F300 permitirá realizar el giro.

**Figura 55**

*Parámetros de configuración del actuador “D” modelo operación de manufactura*



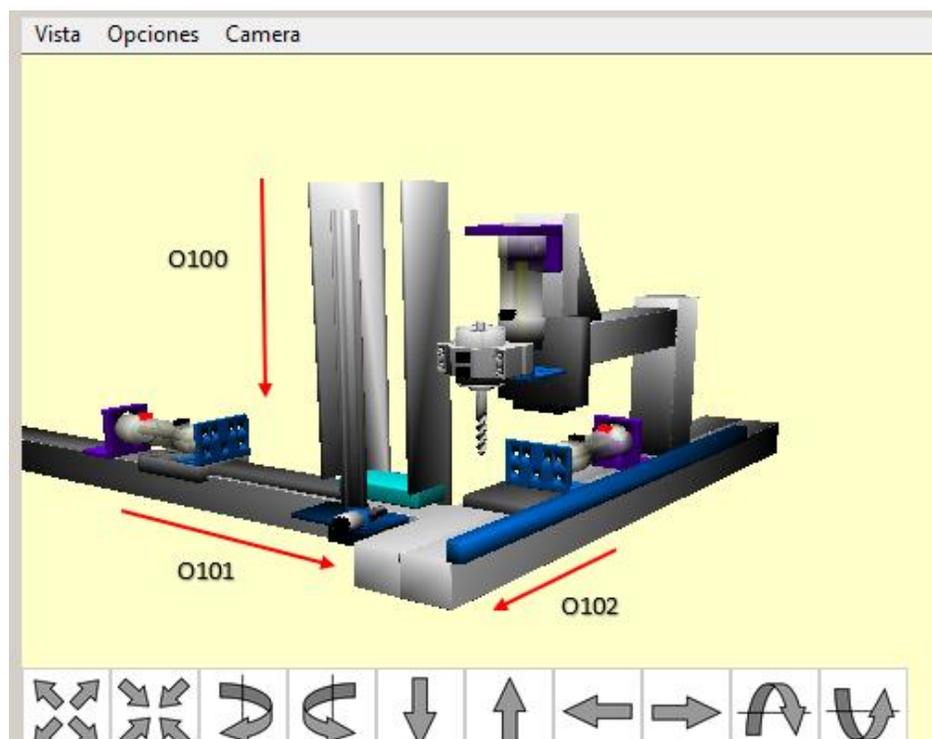
### Configuración y programación de secuencias de funcionamiento de los modelos virtuales 3D interactivos

La configuración y programación de secuencia de funcionamiento se basarán acorde al modelo diseñado y al procedimiento que debe realizar.

El modelo de taladrado consiste en movimientos en los ejes "Y", "X", "Z", la pieza rectangular realiza los trayectos en función de la siguiente figura.

**Figura 56**

*Movimientos de traslación que realiza la pieza rectangular*



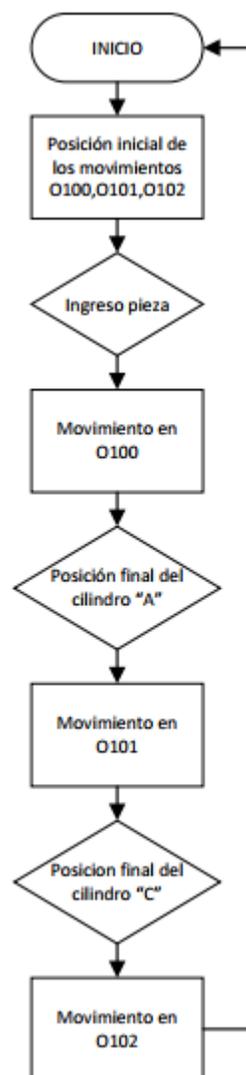
El primer movimiento O100 corresponde a la traslación de la pieza en el eje "Y", como inicio hacia el depósito, pasando al siguiente desplazamiento en O101, traslación en el eje "X", empuje de la pieza hacia el taladrado, y por último

el desplazamiento O102 traslación en el eje “Z”, corresponde a la salida de la pieza taladrada.

Cada uno de estos desplazamientos está asociado a los que realizan los sistemas de accionamiento industrial, el siguiente diagrama de flujo representa la puesta en marcha de la sincronización.

### Figura 57

*Diagrama de flujo descriptivo de los movimientos de sincronización*

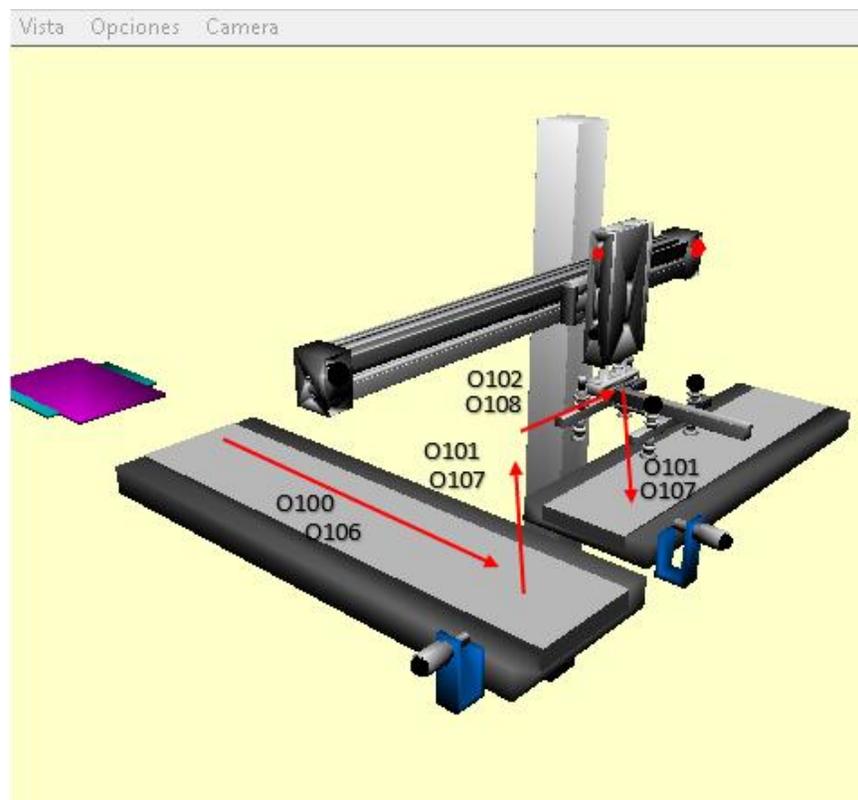


El modelo de carga de materia prima corresponde al desplazamiento que deben realizar las piezas grandes y pequeñas, estas realizan el mismo

desplazamiento por tal motivo es indispensable que la denominación de cada pieza sea diferente.

**Figura 58.**

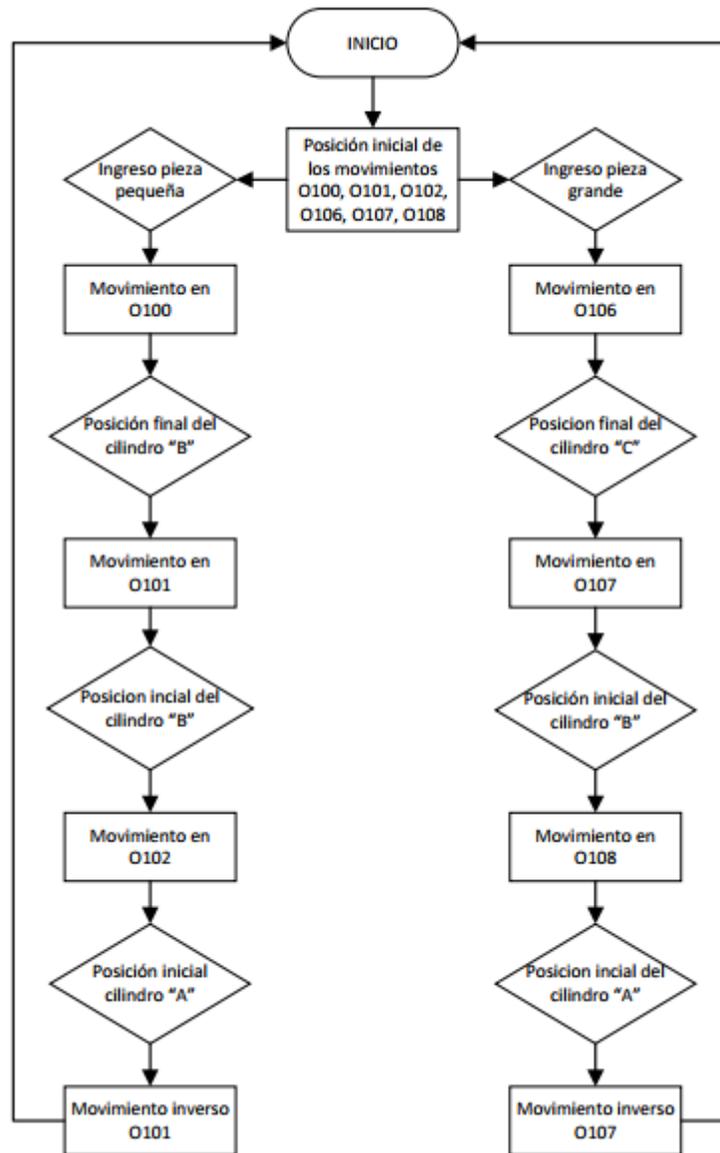
*Movimientos de traslación que realiza las piezas grandes y pequeñas*



Los desplazamientos de O100, O101, O102 corresponde a los de la pieza pequeña, mientras que los O106, O107, O108 a las piezas grandes, se define al O100 y O106 a la traslación que deben realizar en el eje "X", la siguiente traslación que realizan es la de O101, O107 en eje "Y", para seguir con la traslación en el eje "Z" con los desplazamientos O102, O108, culminando con el mismo desplazamiento realizado O101, O107, pero de forma inversa.

Figura 59

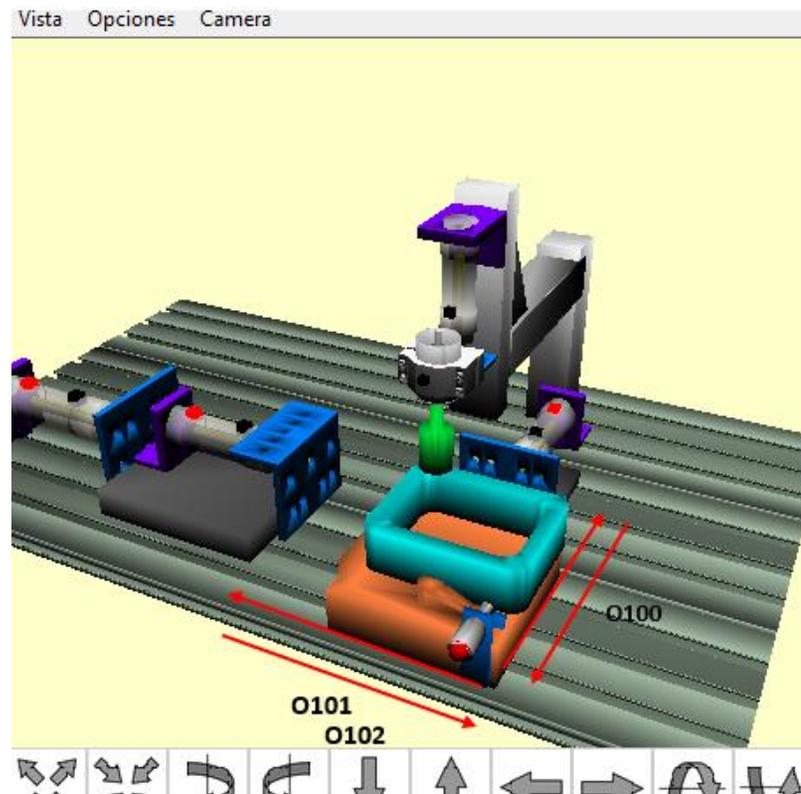
Diagrama deflujo descriptivo del movimiento de piezas grandes y pequeñas



El modelo de operación de manufactura corresponde al desplazamiento que debe realizar la mesa, se considera dos tipos de movimientos definidos para pequeñas y grandes, en las cuales se realiza el proceso de manufactura.

**Figura 60.**

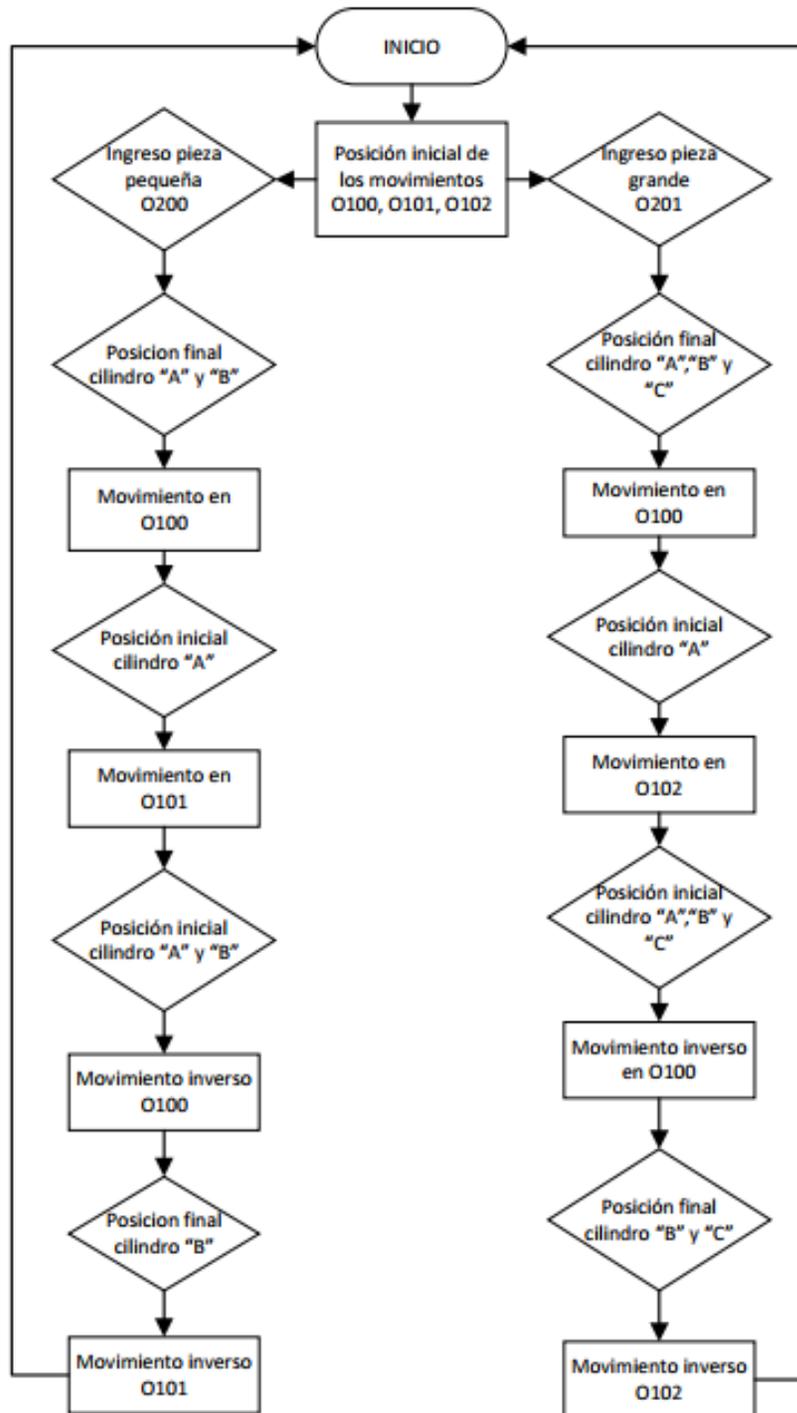
*Movimientos de traslación que realiza la mesa*



El primer movimiento de traslación lo realiza con O100 en eje "Z", siguiendo con el movimiento en O101 para piezas pequeñas o O102 para piezas grandes, este lo realiza en el eje "X", para luego empezar con el movimiento de forma inversa del O100, y terminación con O101 y O102 inversamente, los ingresos de piezas están asociado a la traslación que realiza O200 y O201, no intervienen en el desplazamiento de la mesa solo como ingreso de visualización.

Figura 61

Diagrama deflujo descriptivo del movimiento de la mesa



**Elaboración de prácticas de laboratorio de sistemas de accionamiento industrial**

El desarrollo de prácticas de laboratorio constituye una herramienta para que el estudiante obtenga un conocimiento gradual y profundo de los temas más relevantes de la utilización de componentes de accionamiento industrial, y el adquirido de forma teórica, la cual estará definida mediante una estructuración.

Tema: estará definido acorde al syllabus de la asignatura de sistemas de accionamiento industrial empezando por los más básicos hasta los más complejos.

Objetivos: las metas que se pretende alcanzar al realizar la práctica mediante el uso del modelo virtual 3D recreado.

Materiales: constituye el listado de todos los componentes de accionamiento industrial para que el funcionamiento sea evidenciado en el modelo virtual 3D

Procedimiento: la serie de pasos en los cuales el problema planteado será solventado mediante diseño, simulación, cálculos y programación de ser el caso.

Conclusiones y recomendaciones: contempla los criterios una vez concluido con la práctica, evidenciando los resultados obtenidos y comentarios para mejoras.

Anexos: contiene todo aquel material como planos neumáticos, eléctricos neumáticos, simulaciones etc.

## Capítulo V

### Prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio se han dividido en la utilización de componentes neumáticos, electroneumáticos, hidráulicos, electrohidráulicos y la utilización de lenguajes de programación para realizar procesos de automatización, además de software de programación y comunicación bidireccional, todas las guías se encuentran en el Anexo C

#### **Guía práctica 1: modelo 1 secuencia de aplicación**

##### ***Visión general***

El modelo recreado representa el proceso de taladrado de pieza mediante la utilización de actuadores que realizan el desplazamiento acorde a instrucciones evidenciando un movimiento de un proceso real, para empezar la simulación se ingresa la pieza con el botón INGRESO DE PIEZA, con el ingreso, el sistema entra en funcionamiento con la activación de los indicadores de PROCESO EN MARCHA y PIEZA OK, luego se inicia el proceso con el botón de INCIO el cual permitirá observar todo los movimientos que realiza el proceso, el botón PARO permitirá realizar un paro en cualquier instante, esto dependiendo de la caracterización que se le haya dado y el botón RESET que permitirá corregir fallas de movimiento de la pieza, y el sensor S1 utilizado como una herramienta de detección de pieza.

##### ***Utilización componentes neumáticos***

Es común observar procesos en los cuales involucren componentes neumáticos, tener una idea de cómo realizar operaciones que permitan interpretar el funcionamiento es indispensable cuando se desea una implementación física del mismo, una manera de realizar este tipo de procesos

es con la simulación, para lo cual se ha desarrollado el modelo virtual 3D, permitiendo la implementación de componentes netamente neumáticos.

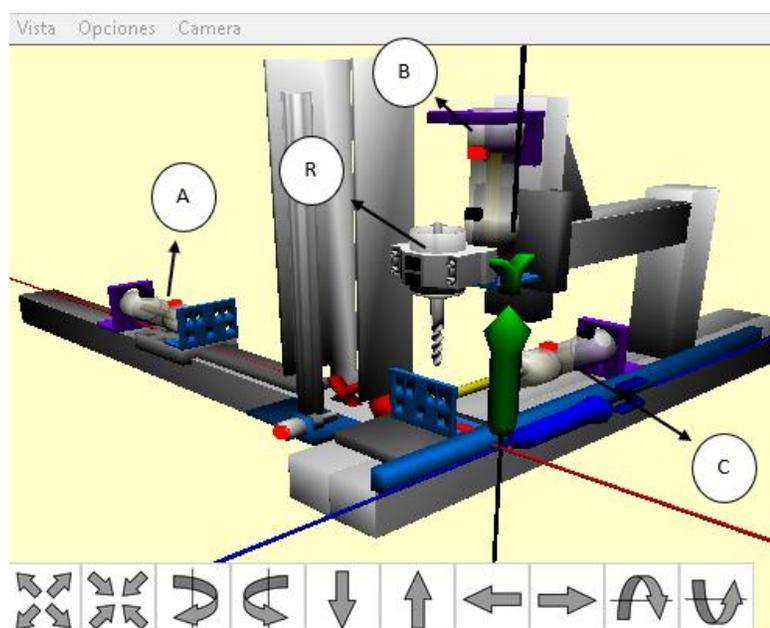
### Componentes de software

- Modelo 1 virtual 3D recreado (taladrado de piezas)

### Modelo virtual

#### Figura 62

*Descripción del modelo para realizar la práctica 1*



La guía de laboratorio se encuentra en el Anexo B

### Guía práctica 2: modelo 1 secuencia de aplicación

#### ***Utilización de componentes hidráulicos***

Existen aplicaciones en donde el uso de componentes hidráulicos es parte fundamental de un proceso, en el cual se requiera una automatización enfocada no a la velocidad, pero si a la fuerza, y en conjunto con los elementos electrohidráulicos pretenden resolver las aplicaciones, se ha desarrollado instrucciones que sean aplicables en el primer modelo Virtual 3D.

Mediante la descripción realizada con anterioridad se plante los siguientes requerimientos:

La pieza es taladrada durante 2 segundos mediante el motor hidráulico “R”, el cual activa el giro en sentido horario al momento del descenso del cilindro “B”. una vez terminado el proceso de taladrado el cilindro “B” y cilindro presor “A” vuelven a su estado inicial y el cilindro “C” expulsara la pieza para volver nuevamente a realizar el proceso.

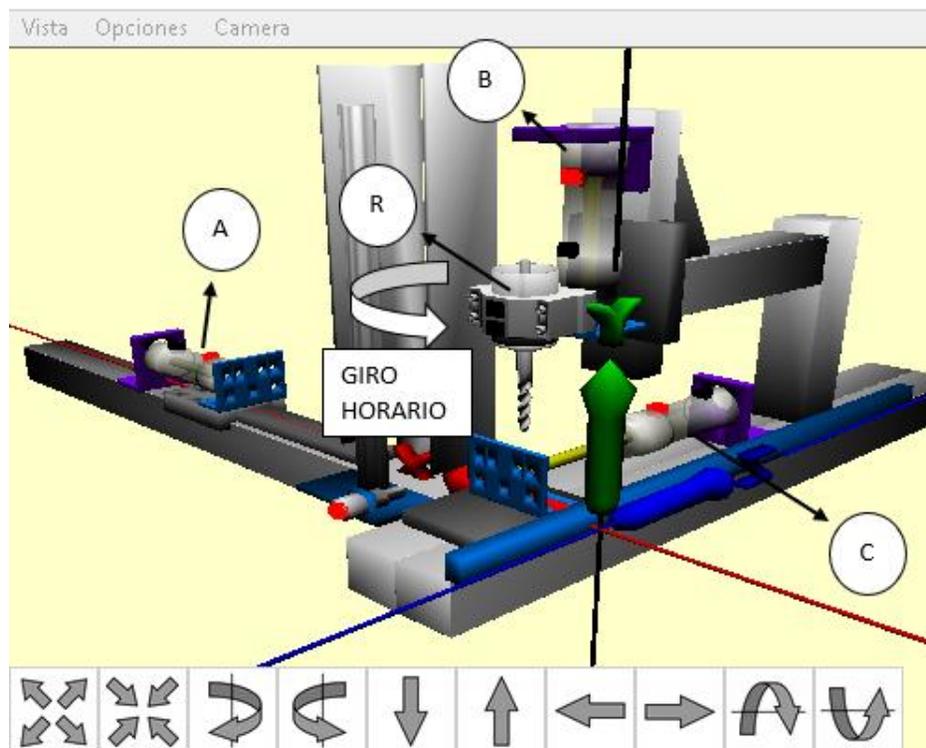
### Componentes de software

- Modelo 1 virtual 3D recreado (taladrado de piezas)

### Modelo virtual

#### Figura 63

*Modelo para realizar la práctica 2*



La guía de laboratorio se encuentra en el Anexo B

Las prácticas 1 y 2 del primer modelo dependerán la interfaz 2D creada en el escritorio del IRIS.

### Figura 64

*Botones de comando para las prácticas 1 y 2*



### Guía práctica 3: modelo 2 secuencia de aplicación

#### *Visión general*

El modelo recreado representa el proceso de transporte de piezas desde una posición hacia otra posición, mediante la utilización de actuadores que se desplazan acorde a instrucciones, evidenciando un movimiento de un proceso real, empezando con la simulación se ingresara la pieza con los botones ya sea pequeña o grande:

Cuando ingresa la pieza pequeña o grande el sistema entrará en funcionamiento con la activación de la luces indicadores de PROCESO EN MARCHA y PIEZA OK ,para seguir con el proceso, se debe dar en el botón de INICIO el cual empezara a realizar los movimientos, el botón PARO permitirá realizar un paro en cualquier instante del proceso, el cual estará indicado con la luz indicadora de PROCESO EN PARO esto dependerá de la caracterización que se le haya dado, y el botón de RESET, permite resetear los movimientos de la piezas un ajuste de la pieza, los sensores S1 y S2 pueden ser activados como una herramienta de detección de la primera y segunda posición así como el conteo de piezas representados con visualizador digital.

#### ***Uso de lógica de contactos.***

Una forma en la cual se ha automatizado procesos industriales y la más común en pequeñas industrias es el uso de la lógica de contactos, en donde la imaginación y la creatividad para la utilización de componentes eléctricos permiten solventar los procesos a cumplir.

Mediante la descripción realizada con anterioridad se plante los siguientes requerimientos:

El material es colocado en la ubicación correspondiente mediante los pulsador PEQUEÑA, lo cual es verificado a través de un detector sensor S1 este emite una señal en el momento que detecta el material, luego de esto el sistema requiere la activación de un botón de INICIO el cual da inicio al proceso de descarga, la cantidad y el tamaño de las ventosas dependen del peso de la pieza y, en consecuencia, de la fuerza necesaria para elevarla, activando el cilindro "A", posteriormente el cilindro "B" avanza hasta llegar a su punto de mayor avance, activa el sistema de ventosas (indicado a través de una luz piloto V) y regresa "B", al detectar el regreso a "B", regresa "A", para luego activar el

avance de “B” para depositar el material en el área de descarga, al momento de máxima extensión apaga el sistema de ventosas para soltar el material y regresa “B”, el sistema termina con el proceso cuando el detector sensor S2 emite la señal de material detectado, considerando activaciones de los indicadores de PROCESO EN PARO, PROCESO EN FUNCIONAMIENTO y PIEZA OK.

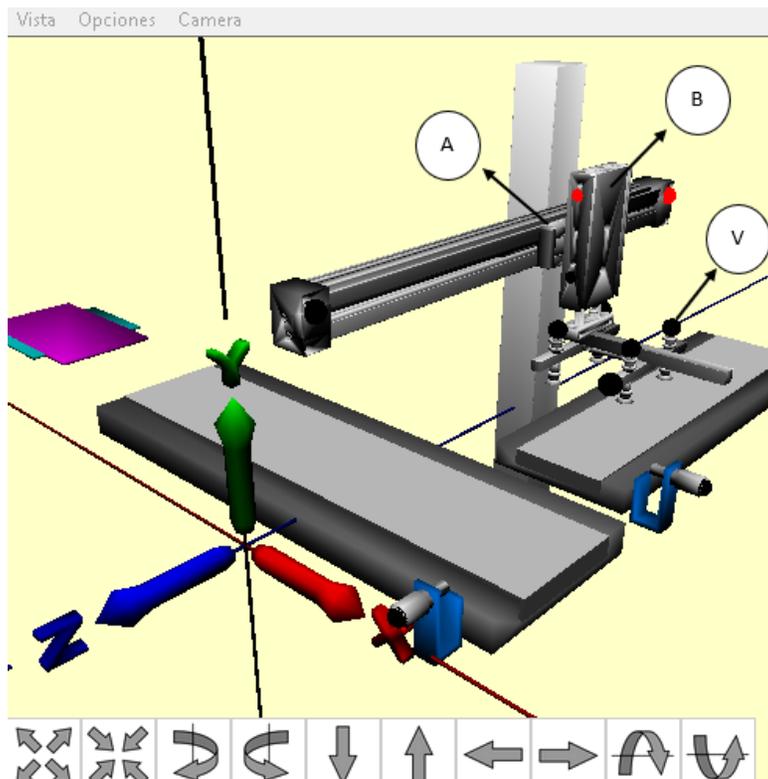
### Componentes de software

- Modelo 2 virtual 3D recreado (carga de materia prima)

#### Modelo virtual

### Figura 65

*Modelo para realizar la práctica 3*



## **Guía práctica 4: modelo 2 secuencia de aplicación**

### ***Uso de logigrame***

El logigrame es un lenguaje de programación enfocado a resolver procesos en base a la lógica booleana, es uno de los lenguajes utilizados en pequeñas industrias por lo cual conocer y aplicarlo permitirá una mejor forma de poner en práctica aspectos fundamentales de la lógica booleana, el segundo modelo 3D permite la aplicación de este lenguaje.

Mediante la descripción realizada con anterioridad se plante los siguientes requerimientos:

El modelo virtual 3D muestra un sistema de transporte continuo de dos tipos de piezas desde un punto hasta la zona en que se recogen. El material es colocado en la ubicación correspondiente mediante los pulsadores PEQUEÑA y GRANDE, el sistema permite verificar si la pieza es grande a través de un detector sensor S1, este emite una señal en el momento que detecta el material grande, luego de esto el sistema requiere la activación de un botón de INICIO el cual da inicio al proceso de descarga, la cantidad y el tamaño de las ventosas dependen del peso de la piezas y, en consecuencia, de la fuerza necesaria para elevarlas, activando el cilindro "A", posteriormente el cilindro "B" avanza hasta llegar a su punto de mayor avance, activa el sistema de ventosas (indicado a través de una luz piloto V), cuando la pieza es pequeña, y si está presente la señal del sensor S1 activa la extensión disponible cilindro "C" antes del avance del cilindro "B", el cual se mantiene activada hasta llegar al punto de descarga, regresa "B", al detectar el regreso a "B", regresa "A", para luego activar el avance de "B" para depositar el material en el área de descarga, al momento de máxima extensión apaga el sistema de ventosas para soltar el material y regresa "B" cuando regresa "B", se apaga la extensión cilindro "C", el sistema termina

con el proceso cuando el detector sensor S2 emite la señal de material detectado, el sistema permite realizar el conteo tanto de piezas pequeñas y grandes además de poseer botón de PARO en cualquier instante y un botón de RESET que permite regresar el funcionamiento a condiciones iniciales, considerando activaciones de los indicadores de PROCESO EN PARO, PROCESO EN FUNCIONAMIENTO y PIEZA OK.

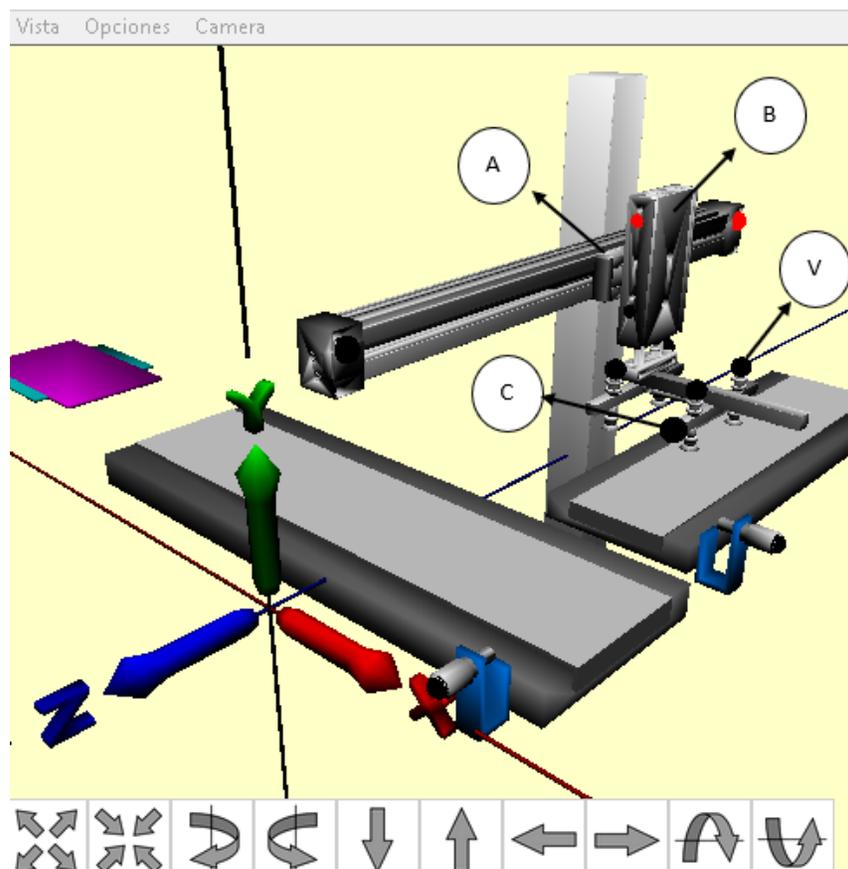
### Componentes de software

- Modelo 2 virtual 3D recreado (carga de materia prima)

#### Modelo virtual

### Figura 66

*Modelo para realizar la práctica 4*



## **Guía práctica 5: modelo 2 secuencia de aplicación**

### ***Uso de grafcet***

El uso del grafcet es uno de los lenguajes más populares y utilizados en la industria, al ser intuitivo y secuencial permite una rápida adaptación hacia el entendimiento del funcionamiento sin la necesidad de la puesta en marcha, para lo cual el segundo modelo 3D permite aplicación de este lenguaje de programación.

Mediante la descripción realizada con anterioridad se plante los siguientes requerimientos:

El modelo virtual 3D muestra un sistema de transporte continuo de dos tipos de piezas desde un punto hasta la zona en que se recogen. El material es colocado en la ubicación correspondiente mediante los pulsadores PEQUEÑA y GRANDE, el sistema permite verificar si la pieza es grande a través de un detector sensor S1, este emite una señal en el momento que detecta el material grande, luego de esto el sistema requiere la activación de un botón de INICIO el cual da inicio al proceso de descarga, la cantidad y el tamaño de las ventosas dependen del peso de la piezas y, en consecuencia, de la fuerza necesaria para elevarlas, activando el cilindro "A", posteriormente el cilindro "B" avanza hasta llegar a su punto de mayor avance, activa el sistema de ventosas (indicado a través de una luz piloto V) cuando la pieza es pequeña con un tiempo de espera de 2 segundos, cuando la pieza es grande este activa una señal del sensor S1 activa la extensión disponible cilindro "C" antes del avance del cilindro "B" una vez activado el avance del cilindro "C" avanza el cilindro "B" con un tiempo de espera de 3 segundos regresa "B", al detectar el regreso a "B", regresa "A", para luego activar el avance de "B" para depositar el material en el área de descarga, al momento de máxima extensión apaga el sistema de ventosas para soltar el

material y regresa “B” cuando regresa “B”, se apaga la extensión cilindro “C”, el sistema termina con el proceso cuando el detector sensor S2 emite la señal de material detectado, el sistema permite realizar el conteo de 3 piezas pequeñas y 4 grandes independientemente si se ha terminado el proceso de conteo este no podrá volver activar hasta que otro proceso de conteo haya terminado, además de poseer botón de PARO en cualquier instante y un botón de RESET que permite regresar el funcionamiento a condiciones iniciales, considerando activaciones de los indicadores de PROCESO EN PARO, PROCESO EN FUNCIONAMIENTO y PIEZA OK.

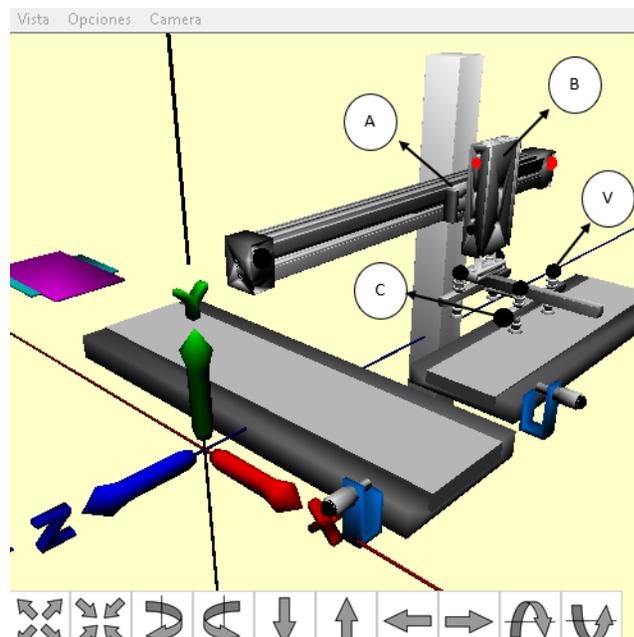
### Componentes de software

- Modelo 2 virtual 3D recreado (carga de materia prima)

#### Modelo virtual

### Figura 67

*Modelo para realizar la práctica 5*



**Figura 68**

*Botones de comando para las prácticas 3,4 y 5*



### **Guía práctica 6: modelo 3 secuencia de aplicación**

#### ***Visión general***

El modelo recreado representa el proceso de transporte de piezas desde una posición hacia otra posición, mediante la utilización de actuadores que se desplazan acorde a instrucciones, evidenciando un movimiento de un proceso real, empezando con la simulación se ingresara la pieza con los botones ya sea pequeña o grande:

Cuando ingresa la pieza pequeña o grande el sistema entrará en funcionamiento con la activación de la luces indicadores de PROCESO EN MARCHA y PIEZA OK ,para seguir con el proceso, se debe dar en el botón de INICIO el cual empezara a realizar los movimientos, el botón PARO permitirá realizar un paro en cualquier instante del proceso, el cual estará indicado con la luz indicadora de PROCESO EN PARO esto dependerá de la caracterización que se le haya dado, y el botón de RESET el cual permite resetear los movimientos de la piezas, es común que en ocasiones el movimiento se vea

afectado por lo cual este botón permitirá realizar un ajuste de la pieza, los sensores S1 y S2 pueden ser activados como una herramienta de detección de la primera y segunda posición así como el conteo de piezas representados con visualizador digital.

### ***Uso de grafcet***

Al igual que el anterior modelo, este pretende la utilización del grafcet como herramienta para poder realizar la aplicación del proceso en base a condiciones.

La unidad de avance D mueve verticalmente (eje "Y") un taladro neumático mediante un cilindro neumático R de simple efecto. Los cilindros de posicionado A, B y C desplazan la mesa en las direcciones "X" (cilindro A) e eje "Z" (cilindros B y C), cilindro B cuando la pieza es cuadrada y cilindros B y C cuando la pieza es rectangular), de forma que puedan determinarse consecutivamente los bordes internos de las piezas.

Para realizar el rectificado empieza con el ingreso de la pieza CUADRADA O RECTANGULAR activando los avances de A y B y C completado el máximo avance, la activación de los cilindros B y C dependerá de la activación del sensor S1, el cilindro D empieza el descenso y se activara el motor R que serán indicadores para iniciar con el proceso mediante el botón de INICIO, el sistema cuenta con un botón de PARO, realiza un paro en cualquier estado que se encuentre y RESET el cual pone a condiciones iniciales el proceso, el sistema debe considerar activaciones de los indicadores de PROCESO EN PARO, PROCESO EN FUNCIONAMIENTO y PIEZA OK .

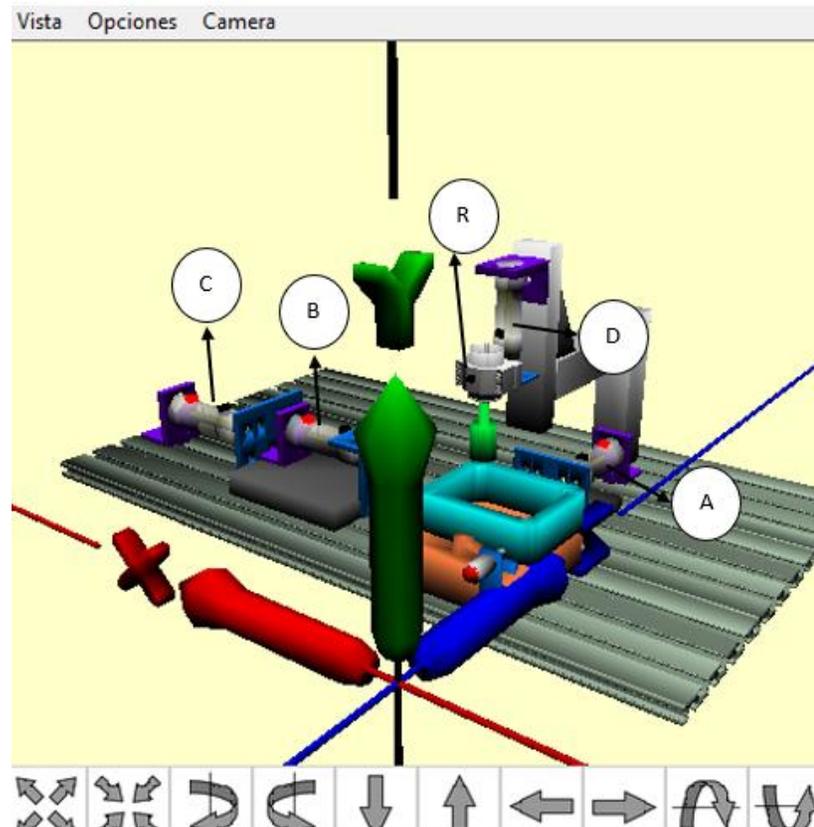
## Componentes de software

- Modelo 3 virtual 3D recreado (operación de manufactura)

### Modelo virtual

**Figura 69**

*Modelo para realizar la práctica 6*



## Guía práctica 7: modelo 3 secuencia de aplicación

### *Uso de Ladder*

Es uno de los lenguajes más utilizados y el predominante en las pequeñas y grandes industrias, debido a su facilidad de entendimiento, basado en el uso de contactos y relés por lo cual el tercer modelo virtual 3D permite la utilización de este lenguaje de programación.

El sistema cuenta con un botón de PARO realiza un paro en cualquier estado que se encuentre, un contador de piezas tanto para cuadradas como rectangulares y un botón RESET el cual pone a condiciones iniciales el proceso considerando activaciones de los indicadores de PROCESO EN PARO, PROCESO EN FUNCIONAMIENTO y PIEZA OK.

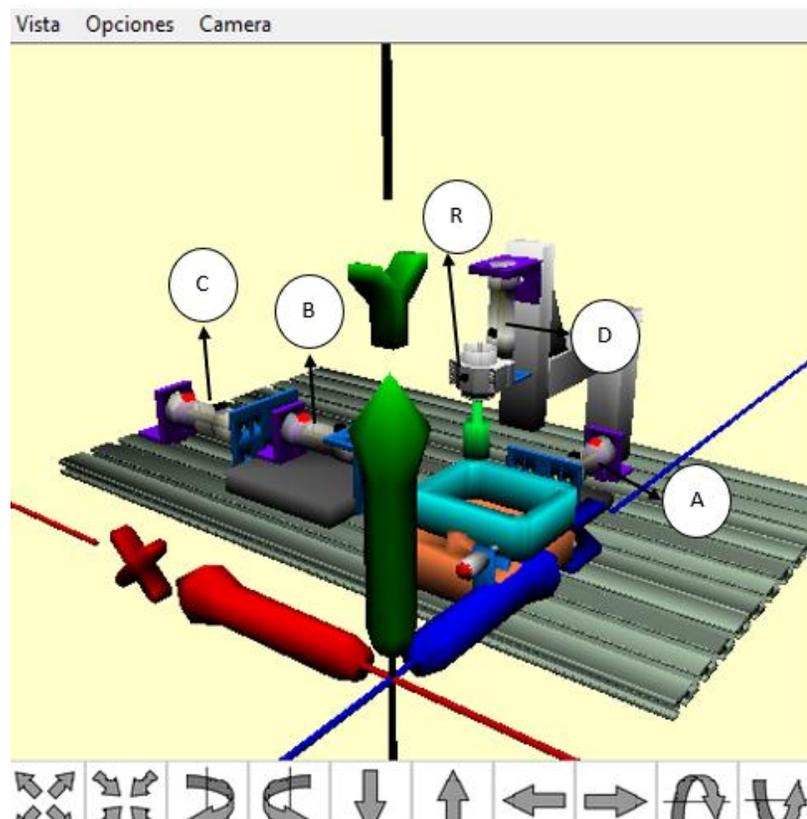
### Componentes de software

- Modelo 3 virtual 3D recreado (operación de manufactura)

#### Modelo virtual

### Figura 70

*Modelo para realizar la práctica 7*



## **Guía práctica 8: modelo 3 secuencia de aplicación**

### ***Comunicación entre software de simulación y programación (Tia portal)***

Uno de los beneficios que presenta los modelos creados y el software utilizado es su facilidad de comunicación con diferente software de programación para lo cual, el poder realizar una comunicación bidireccional entre software y que permita modificar ciertos parámetros de los sistemas de accionamiento industrial dará como perspectiva hacia el comportamiento real de un sistema.

En base a la descripción realizado se pone a consideración los siguientes aspectos:

El sistema cuenta con un botón de PARO realiza un paro en cualquier estado que se encuentre un selector de automático y manual la ejecución del manual corresponde al paso a paso por cada pulsación del botón INICIO todo el sistema funcionara a partir de una presión de trabajo de 8 bar si es menor el proceso debe arrojar una alarma luz indicadora, deteniendo el proceso en cualquier instante además de un contador tanto para piezas pequeñas y grandes.

Todo el proceso de programación se debe realizar en el software de tia portal considerando activaciones de los indicadores de PROCESO EN PARO, PROCESO EN FUNCIONAMIENTO y PIEZA OK.

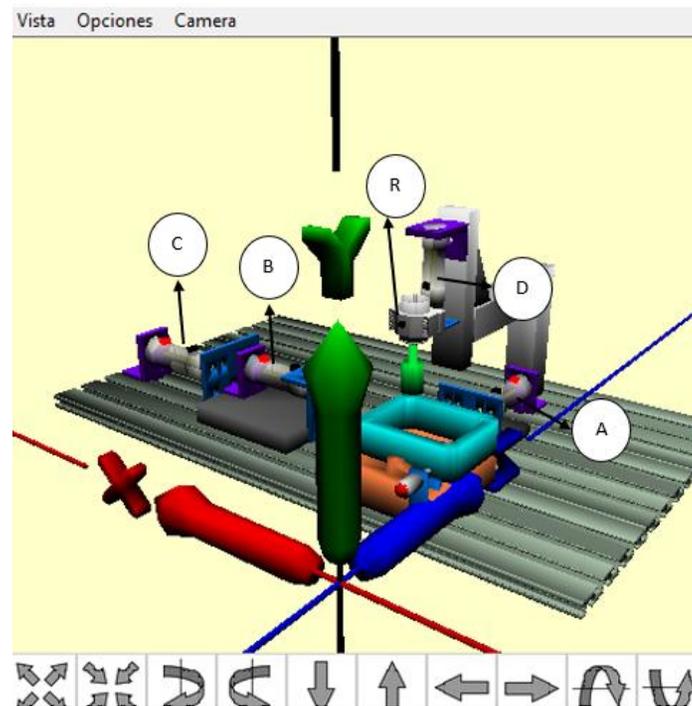
### **Componentes de software**

- Modelo 3 virtual 3D recreado (operación de manufactura)
- Software de comunicación S7-PLCSIM advanced
- Software de programación Ti portal

### **Modelo virtual**

**Figura 71**

*Modelo para realizar la práctica 8*



**Figura 72**

*Botones de comando para las prácticas 6,7 y 8*



## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

Los modelos recreados de procesos de sistemas de accionamiento industrial permiten la utilización de varios procesos de automatización como el uso de componentes neumáticos, electroneumáticos, hidráulicos electrohidráulico, así como el uso de lenguajes de programación más demandados y utilizados en la industria, además del poder de comunicación entre software de programación sin la necesidad de optar por servidores externos.

Cada uno de los lenguajes de programación que dispone el software de simulación y virtualización, permite un entrenamiento y aprendizaje autónomo llevándolo al estudiante a fortalecer debilidades que puede tener al no visualizar el funcionamiento real.

Se diseñó códigos de programación en el cual se realiza los movimientos de las piezas permitiendo la sincronización del proceso del modelo recreado, además de la creación de la documentación necesaria para el uso correcto y eficiente de los modelos, así como de las posibles fallas que se puedan presentar.

El diseño de aplicación 2D sirvió como un panel de control el cual se asemeja a una HMI, que se pueden encontrar en la industria involucrando aspectos de alarma como la puesta en marcha y presencia de pieza, así como la utilización de botones inicio, paro y reset, modo de funcionamiento manual y automático y sobre todo la visualización del proceso en 3D.

## **Recomendaciones**

Explorar más funcionalidades de este software de simulación y programación como el uso de más lenguajes de programación como el estructurado y bloques de funciones, así como la interconectividad con diferentes controladores o tarjetas de adquisición de datos como el Arduino.

Se debe realizar una copia de seguridad de las prácticas desarrolladas debido a que si en algún momento se realiza modificaciones ya sea en la parte de asignación de variables, o en la parte de movimientos esta pueda ser corregida sin ningún problema o sirva como una base para explorar nuevas funcionalidades.

Previo a realizar las prácticas de laboratorio, leer el manual de usuario de cada modelo realizado, con el fin de poder realizar con toda facilidad sin la necesidad de modificar valores ya preestablecidos.

Respetar la asignación de variables para no tener problemas con el funcionamiento y además de cambiar las propiedades del modelo 3D.

## **Trabajos futuros**

En base a medidas y características de los actuadores disponibles en el laboratorio de sistemas de accionamiento industrial, proceder a diseñar un modelo virtual 3D de entrenamiento interactivo permitiendo tener el control tanto en parte virtual 3D y real, así como tener un sistema SCADAS, MES y ERP.

Recrear modelos más sofisticados en los cuales intervengan el control de procesos, algún protocolo de comunicación industrial, o algún modelo matemático permitiendo realizar investigación.

### Fuentes bibliográficas

- Amorin, T., Tapparo, L., Marranghello, N., Silva, A., & Pereira, A. (2014). A multiple intelligences theory-based 3D virtual Lab environment for digital systems teaching . *ELSEVIER*, 1413-1422.
- autoSIM-200 Simulador de automatización*. (s.f.). Obtenido de <https://smc.com.mx/autosim-200-simulador-de-automatizacion/>
- Bashir , S., Mustufa, H., Syed, H., Mohammed, K., Hisham , A., & Ali, A. (2019). Virtual Reality-Based Engineering Education to. *Sustainability*, 11,1477.
- Culebro Juárez, M., Gómez Herrera, W., & Torres Sánchez, S. (2006). *Software libre vs software propietario*. México: creative commons.
- Díaz-Martínez, M. A.-C.-S. (2018). Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 97-104.
- Gisbert, M., González, V., & Esteve Mon, F. (2019). Laboratorios virtuales en entornos 3D para la formación en competencias.
- Hernández de Mendez, M., Vallejo, A., & Morales, R. (2019). Virtual REality Laboratories: A Review of Experiences. *International Journal on Interactive Desing and Manufacturing*, 947-966.
- Herrera, D., Triana, k., & Mesa, W. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos De Trabajo ECBTI*,.
- Mercè Gisbert Cervera, . E. (2019). *¿Como abordar la educacion del futuro?, Conceptualizacion,desarrollo y evaluación dedsde la competencia digital docente*. Barcelona: Ediciones Octaedro.

- Olivera, T. A., Marranghello, N., Rodrigues Silva, A., & Pereira, A. (2018). Virtual Laboratories Development Using 3D Environments. *Virtual and Augmented Reality*, 733-758.
- ProModel. (21 de Octubre de 2021). *ProModel Corporation*. Obtenido de <http://promodel.com.mx/promodel/>
- Schamp, M., Van de Ginste, L., Hoedt, S., Claeys, A., Aghezzal, E., & Cottyn, J. (2019). Virtual Commissioning of Industrial Control Systems - a 3D Digital. *ScienceDirect*, 66-73.
- Vargas, J., Cuero, J., & Torres, C. (2020). Laboratorios Remotos e IOT una oportunidad para la formación en ciencias e ingeniería en tiempos de COVID19: Caso de estudio en Ingeniería de Control. *Revista ESPACIOS*, 41(16), 188-190.

**Anexos**

ANEXOS A: GUÍA DE INSTALACIÓN AUTOSIM – 200

ANEXOS B: GUÍA MANUAL DE USUARIO DE LOS MODELOS VIRTUALES

ANEXOS C: GUÍAS DE LABORATORIO