



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TÍTULO: “DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN  
PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS  
MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico

**Autor:**

Andi Aguinda Dennis Cristhian  
Villacis Chuquiana Alex Fabricio

**Tutor Académico:**

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

**LATACUNGA- ECUADOR**

**2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Andi Aguinda Dennis Cristhian, Villacis Chuquiama Alex Fabricio declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”, siendo el Ing. M. Sc. Luigi Orlando Freire Martínez tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 agosto 2022

Andi Aguinda Dennis Cristhian  
C.C. 2200268718

Villacis Chuquiama Alex Fabricio  
C.C. 1804437307



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”, de Andi Aguinda Dennis Cristhian, Villacis Chuquiana Alex Fabricio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 22 agosto 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Luigi Orlando Freire Martínez", written over a horizontal line.

Ing. MSc. Luigi Orlando Freire Martínez  
C.C. 0502529589



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto el o los postulantes: Andi Aguinda Dennis Cristhian, Villacis Chuquiana Alex Fabricio, el título de proyecto de titulación: : “DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 agosto 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. MSc. Luis Miguel Navarrete López

CI: 1803747284

**Lector 2**

Ing. MSc. Porras Reyes Jefferson Alberto

CI: 0704400449

**Lector 3**

Ing. MSc. Carlos Francisco Pacheco Mena

CI: 0503072902



AGRADECIMIENTO

**AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes; Andi Aguinda Dennis Cristhian, Villacis Chuquiana Alex Fabricio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico **“DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”**, y realizaron la entrega de un Televisor Riviera y un tablero de salidas digitales para el laboratorio de automatización cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, agosto 2022

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Ing. MSc. Cristian Fabian Gallardo Molina

CC: 050284769-2



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco en primer lugar Dios que me ha dado la suficiente fuerza de voluntad para afrontar este duro camino universitario, además agradezco a mis padres que han sido un pilar fundamental en el transcurso de estos años ya que ellos han sido el apoyo incondicional en todo momento de mi vida, sé que sin su ayuda no podría haber alcanzado este tan anhelado sueño que es ser un profesional.*

*Agradecer de manera muy especial también a una persona que está en el cielo, pero mientras estuvo en esta vida terrenal fue una persona muy especial en mi vida y fue como mi segunda madre la señora Elsa Jerez, quien me supo escuchar y aconsejarme en los momentos difíciles de mi vida. Agradecer a toda mi familia que fueron un apoyo incondicional es especial a mis primas y primos que fueron como los hermanos que nunca tuve y me brindaron su mano cuando más los necesitaba.*

*Finalmente agradecer a mis compañeros de clase con los que compartí estos años de carrera en los cuales tuvimos muchas anécdotas buenas y malas, pero con mucho esfuerzo logramos este objetivo de ser Ingenieros Electromecánicos.*

*Alex Villacis*



## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios de todo corazón por haberme dado esta oportunidad de existir y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.*

*A mis padres Eduardo Andi y Norma Aguinda y hermano Juan Andi, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo.*

*Agradecer a toda mi familia con la que siempre conté de manera incondicional en todos los aspectos de mi vida.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad, en especial a la carrera de Ingeniera Electromecánica, por brindarme sus conocimientos y acogerme durante toda mi formación universitaria.*

*A mi compañera de vida Yamila Cheme, por entenderme en todo momento, gracias en cada instante que fue un apoyo incondicional, por impulsarme que siga cada día adelante con mis estudios y sobre todo por tu paciencia y amor incondicional.*

*Dennis Andi*



## DEDICATORIA

*Es para mí muy grato hacer esta dedicatoria a las dos personas más importantes en mi vida como los son mis padres; por todo el esfuerzo y dedicación que ellos han hecho para poder costearme la carrera universitaria, así como también toda su paciencia, virtud que desde lo más profundo me mi corazón agradezco a Dios que haya derramado sobre ellos, como no dedicarles este logro sabiendo que su mayor anhelo era verme formado como profesional sin embargo creo que su mayor logro es haberme formado con valores y principios que me han llevado han ser un ser humano de bien por lo cual estoy más que agradecido sin más que decir quiero finalizar diciendo que los amo mucho papá y mamá .*

*Alex Villacis*





## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo ante todo a Dios, por permitir haber llegado hasta este momento tan importante en mi carrera profesional.*

*También con todo mi amor y cariño a mis padres, ya que no solo les debo mis estudios sino la vida entera ustedes son y serán mi fortaleza.*

*Finalmente es para mí con gran orgullo y satisfacción decirles a todas las personas que me apoyaron durante este trayecto tanto amigos como familiares gracias por ser parte de mi vida y por todo el apoyo que me han brindado.*

*Dennis Andi*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AVAL DE IMPLEM .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.2. EL PROBLEMA .....	3
1.2.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2.2. Formulación del problema .....	3
1.2.3. Matriz Causa Efecto.....	4
1.3. BENEFICIARIOS.....	4
1.3.1. Beneficiarios directos.....	4
1.3.2. Beneficiarios indirectos .....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.6. OBJETIVOS .....	5

1.6.1. Objetivo General .....	5
1.6.2. Objetivos Específicos.....	5
1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.1. ANTECEDENTES .....	8
2.2.MARCO REFERENCIAL .....	10
2.2.1. Características de la realidad virtual .....	10
2.2.2. Realidad virtual en la educación.....	11
2.2.3. Elementos de la realidad virtual .....	11
2.3. DEFINICIÓN HARDWARE IN THE LOOP .....	12
2.3.1. Simulación HIL .....	12
2.4. SOFTWARE DE DISEÑO CAD.....	13
2.4.1. SolidWorks .....	13
2.4.2. Blender.....	14
2.5. MOTOR GRÁFICO UNITY 3D.....	15
2.6.LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN .....	18
2.6.1. Lenguaje C#.....	19
2.7.COMPILADOR DE PROGRAMACIÓN.....	20
2.7.1. Visual Studio .....	20
2.8.MODELOS DE COMUNICACIÓN.....	21
2.8.1. Protocolos de comunicación .....	21
2.8.2. Protocolo Siemens (sharp #7).....	21
2.9.CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLE .....	22
2.9.1. Partes del PLC .....	23
2.9.2. Modelos de PLC .....	24
2.9.3. Tia Portal .....	24
2.9.4. Automatización.....	25

3. DESAROLLO DE LA PROPUESTA .....	26
3.2. METODOLOGÍA .....	26
3.2.1. Modalidad o enfoque de la investigación .....	26
3.2.2. Tipos de investigación .....	27
3.2.3. Métodos teóricos y empíricos a emplear .....	27
3.2.4. Técnicas e instrumentos.....	27
3.2.5. Descripción del proceso.....	27
3.2.6. Etapa 1 Dispensador de envases .....	28
3.2.7. Etapa 2 Dosificador de líquidos.....	28
3.2.8. Etapa 3 Sellado de envases .....	29
3.2.9. Etapa 4 área de control .....	29
3.2.10. Etapa 5 clasificación de producto final.....	29
3.2.11. Diseño del entorno virtual .....	30
3.2.12. Importación de piezas u objetos hacia Unity 3D .....	30
3.2.13. Desarrollo del proceso del entorno virtual .....	32
3.2.14. Rotulación del entorno virtual (canvas).....	33
3.2.15. Proceso de animación del entorno virtual.....	34
3.2.16. Creación del avatar o personaje del entorno .....	35
3.2.17. Creación del tanque reservorio .....	35
3.2.18. Protocolo de comunicación .....	36
3.2.19. Compatibilidad .....	39
3.2.20. Archivo ejecutable del entorno virtual .....	40
3.2.21. Ejecución del entorno virtual.....	42
3.3. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	42
3.3.1. Menú de inicio del entorno .....	42
3.3.2. Control de menú en modo manual.....	43

3.3.3. Menú iniciar.....	43
3.3.4. Modo manual.....	44
3.3.5. Modo automático.....	48
3.3.6. Modo control con PLC.....	52
3.3.7. Programación en software TIA PORTAL.....	55
3.3.8. Segmento 1 actuadores Unity.....	55
3.3.9. Segmento 2 sensores.....	56
3.3.10. Segmento 3 secuencia automática.....	57
3.3.11. Segmento 4 definir nivel de líquido con potenciómetro.....	58
3.3.12. Segmento 5 incrementar cantidad de botellas SP.....	59
3.4. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA.....	60
3.4.1. Presupuesto.....	60
3.4.2. Costos directos e indirectos.....	60
3.4.3. Análisis de impacto.....	61
3.4.4. Impacto tecnológico.....	61
3.4.5. Impacto social.....	62
4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	62
4.1.CONCLUSIONES.....	62
4.2.RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXOS.....	65

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1. Tarea por objetivos.....	6
Tabla 3.1. Componentes electrónicos.....	27
Tabla 3.2. Listado de compatibilidad de las funciones del PLC S7.....	39

Tabla 3.3. Listado de actuadores que se activan mediante modo manual .....	45
Tabla 3.4. Elementos del desarrollo del entorno virtual.....	60
Tabla 3.5. Mano de obra (costos indirectos) .....	61
Tabla 3.6. Costos directos .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama causa-efecto .....	4
Figura 2.1. Elementos de la realidad virtual.....	11
Figura 2.2. Diagrama estructural de un sistema HIL.....	12
Figura 2.3. Pantalla principal SolidWorks.....	14
Figura 2.4. Pantalla de inicio de Blender.....	14
Figura 2.5. Unity 3D.....	15
Figura 2.6. Proyecto Ventana .....	16
Figura 2.7. Vista de jerarquía .....	17
Figura 2.8. Vista de escena.....	17
Figura 2.9. Vista de entorno virtual.....	18
Figura 2.10. Desarrollo de programa utilizando lenguaje C# .....	19
Figura 2.11. Pantalla de inicio Visual Studio 2017 .....	21
Figura 2.12. Protocolo S7, ISO TCP Y TCP/IP .....	22
Figura 2.13. Estructura funcional de un PLC .....	23
Figura 2.14. PLC Siemens S7-1200 .....	24
Figura 2.15. Panel de programación de TIA PORTAL .....	25
Figura 2.16. Pirámide de la automatización .....	26
Figura 3.1. Entradas y salidas etapa 2 .....	28
Figura 3.2. Entradas y salidas etapa 3 .....	29
Figura 3.3 Entradas y salidas etapa 4 .....	29

Figura 3.4. Entradas y salidas 5 .....	30
Figura 3.5. Diseño del entorno virtual .....	30
Figura 3.6. Importación de objetos desde SolidWorks .....	31
Figura 3.7. Diseño de la pieza en software Blender .....	31
Figura 3.8. Importación de piezas a Unity 3D .....	32
Figura 3.9 Vista frontal del entorno virtual .....	32
Figura 3.10. Piezas 3D implementación en el entorno .....	33
Figura 3.11. Canva con el modo MeshTexPro .....	33
Figura 3.12. Tipos de renderizado en canva .....	34
Figura 3.13. Renderizado de canva modo texto .....	34
Figura 3.14. Creación de personaje, vista del entorno en tercera persona .....	35
Figura 3.15. Creación de tanque .....	36
Figura 3.16. Creación de bloque de datos .....	37
Figura 3.17. Acceso a todas las variables del PLC.....	37
Figura 3.18. Protocolo de comunicación .....	38
Figura 3.19. Instalación de librería Sharp #7 en compilador Visual Studio.....	38
Figura 3.20. Declaración de librería Sharp #7 en compilador Visual Studio.....	39
Figura 3.21. Ventana Build Settings.....	40
Figura 3.22. Selección de carpeta del ejecutable.....	41
Figura 3.23. Interfaz del ejecutable .....	42
Figura 3.24. Control del entorno .....	43
Figura 3.25. Menú inicio del entorno virtual.....	43
Figura 3.26. Modo de control manual .....	44
Figura 3.27. Tablero de control .....	44
Figura 3.28. Creación de recipientes .....	45
Figura 3.29. Accionamiento de cilindros y dosificadora.....	46

Figura 3.30. Accionamiento de cilindros y tapadora.....	46
Figura 3.31. Control de nivel de líquido.....	47
Figura 3.32. Clasificación de productos (producto apto) .....	47
Figura 3.33. Clasificación de productos (producto no apto) .....	48
Figura 3.34. Modo automático .....	49
Figura 3.35. Pantalla touch para asignar (nivel de líquido y número de recipientes) .....	49
Figura 3.36. Inicio del proceso automático (área de suministro y dosificado).....	50
Figura 3.37. Parte 2 del proceso (área de suministro, dosificado y sellado) .....	50
Figura 3.38. Parte 3 del proceso (área de suministro, dosificado, sellado y control de nivel) ...	51
Figura 3.39. Parte 4 (área de suministro, dosificado, sellado, control de nivel y clasificación de productos).....	52
Figura 3.40. Modo control con PLC.....	52
Figura 3.41. Conexión ordenador y el PLC.....	53
Figura 3.42. PLC enlazado y en funcionamiento .....	53
Figura 3.43. Conexión del ordenador, PLC y su tablero de control .....	54
Figura 3.44. Salida digital Q0 área de dosificado.....	54
Figura 3.45. Salida digital Q1 área de tapado.....	54
Figura 3.46. Salida digital Q2 área de control de nivel .....	55
Figura 3.47. Tia Portal 14 .....	55
Figura 3.48. Programación ladder segmento 1 .....	55
Figura 3.49. Asignación de variables en función move .....	56
Figura 3.50. Activación de actuadores segmento 1 .....	56
Figura 3.51. Activación de actuadores segmento 2 .....	57
Figura 3.52. Sensor de presencia .....	57
Figura 3.53. Activación de actuadores segmento 3 .....	58
Figura 3.54. Activación de actuadores segmento 4 .....	58



Figura 3.55. Nivel de líquido (potenciómetro) .....	59
Figura 3.56. Nivel de líquido pantalla touch .....	59
Figura 3.57. Programación Ladder segmento 5.....	59



## RESUMEN

### TITULO: “DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”

Autores:

Andi Aguinda Dennis Cristhian

Villacis Chuquiana Alex Fabricio

El presente proyecto está encaminado al desarrollo de un entorno virtual por medio del motor gráfico Unity 3D en donde se muestra la simulación de un proceso batch de llenado y sellado de botellas mediante “Hardware In The Loop”, además que se utilizará un controlador lógico programable para la automatización de este proceso. La simulación del proceso dentro del entorno consiste en 5 etapas las cuales son las siguientes, etapa 1 dispensador de envases, segunda etapa 2 dosificador de líquidos, tercera etapa sellado de envases, cuarta etapa área de control de calidad y finalmente la quinta etapa clasificación de producto final.

El entorno virtual consta con un menú que tiene 3 distintas maneras de ejecutar el proceso de llenado y sellado de botellas las cuales son modo manual, modo automático y finalmente modo de control con PLC, es decir, en el modo manual el proceso se controla mediante el uso del teclado y del mouse con los cuales podemos pulsar los distintos tableros de control dentro del entorno para dar inicio al proceso pertinente, en el modo automático tiene la característica de poder ingresar las variables (número de envases y nivel de líquido) mediante una pantalla touch que se encuentra en la parte principal de la máquina de llenado y sellado de botellas en la cual una vez asignado estas variables procedemos a dar inicio al proceso, finalmente el modo de control con PLC se lo ejecuta mediante un tablero de control que consta con entradas y salidas digitales además de un PLC siemens S7-1200 en el cual se carga toda la programación realizada en Tia Portal para poder realizar el respectivo control, las salidas digitales son 3 luces piloto las cual se encienden cuando cada actuador entra en acción, para la comunicación se utilizó la librería Sharp #7 la cual nos permite ejecutar en simultaneo el PLC y Unity 3D.

**Palabras Clave:** Entorno Virtual, Proceso, Automatización, Sharp #7.



## ABSTRACT

**TOPIC: "DEVELOPMENT A 3D VIRTUAL ENVIRONMENT OF A BATCH PROCESS OF FILLING AND SEALING BOTTLES BY MEANS OF HARDWARE IN THE LOOP".**

**Authors:**

Andi Aguinda Dennis Cristhian

Villacis Chuquiana Alex Fabricio

The current project is aimed virtual environment development, through the Unity 3D graphics engine, where the filling and sealing bottles simulation of a batch process of filling and sealing bottles batch process simulation, through "Hardware In The Loop", further, it will be used a programmable logic controller for the automation of this process. The process simulation within the environment consists of 5 stages, which are as following, first stage 1 container dispenser, second stage 2 liquid dispenser, third stage container sealing, fourth stage quality control area and finally, the fifth stage 5 final product classification. The virtual environment consists a menu, what has 3 different ways of executing the filling and sealing process bottle, which are manual mode, automatic mode and finally PLC control mode, that is, into the manual mode, through the process is controlled by the keyboard and mouse, which we can press the different control panels within the environment to start the appropriate process, in the automatic mode has the characteristic of being able to enter the variables (containers number and liquid level), through a touch screen, what is located in the main bottle filling and sealing machine part, which, once, it has been assigned these variables, we proceed to start the process, finally, the control mode with PLC is executed, through a control panel, what consists of digital inputs and outputs, further, a Siemens S7-1200 PLC, which it is loaded all the programming in Tia Portal, in order to make the respective control, the digital outputs are 3 pilot lights which turn on, when each actuator goes into action, for communication, it was used the Sharp # 7 library, which allows us to execute the PLC and Unity 3D, simultaneously.

**Keywords:** Virtual Environment, Process, Automation, Sharp #7.



## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D DE UN PROCESO BATCH DE LLENADO Y SELLADO DE BOTELLAS MEDIANTE HARDWARE IN THE LOOP”** presentado por: **Andi Aguinda Dennis Cristhian y Villacis Chuquiana Alex Fabricio**, estudiantes de la carrera de: **Ingeniería en Electromecánica**, pertenecientes a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2022

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**

## **INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título:**

Desarrollo de un entorno virtual 3D de un proceso batch de llenado y sellado de botellas mediante Hardware In The Loop.

### **Fecha de inicio:**

Abril de 2022

### **Fecha de finalización:**

Septiembre 2022

### **Lugar de ejecución:**

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Parroquia San Felipe, Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Proyecto formativo, Industria 4.0

### **Tipo de proyecto:**

Propuesta Tecnológica

### **Equipo de Trabajo:**

#### **Tutor**

Nombres: Luigi Orlando

Apellidos: Freire Martínez

Email: luigi.freire@utc.edu.ec

Cedula: 0502529589

#### **Ponente 1**

Nombres: Dennis Cristhian

Apellidos: Andi Aguinda

Email: dennis.andi8718@utc.edu.ec

Cedula: 2200268718

#### **Ponente 2**

Nombres: Alex Fabricio

Apellidos: Villacis Chuquiana

Email: alex.villacis7307@utc.edu.ec

Cedula: 1804437307

**Área de Conocimiento:**

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones afines / 0714 Electrónica y automatización.

**Línea de investigación:**

Procesos Industriales

**Sublíneas de investigación de la Carrera:**

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.2.EL PROBLEMA**

La interrelación de la sociedad ha hecho necesario extender softwares para el desarrollo de plataformas virtuales, por lo tanto, el uso de estas tecnologías de programación y su interconectividad ofrecen ventajas en el momento de su compatibilidad con el entorno virtual.

Hoy en día la plataforma virtual está adueñándose del mercado tecnológico además captando la atención en la rama de la automatización industrial utilizando herramientas que asemejen la operación de una maquinaria física en un modo virtual. Por ejemplo, el desarrollo de entornos dirigidos hacia la ingeniería en los cuales se puede mostrar el proceso de ejecución de cualquier tipo de máquina en el caso de este proyecto será el de una máquina de llenado y sellado de botellas, en el cual el entorno posee tres tipos de control y permite al usuario tener una mejor interacción además de obtener aprendizaje de cómo se desarrolla el proceso del mismo, por otra parte para la programación se utiliza un PLC S7-1200 con un tablero de control con entradas y salidas digitales el cual permite realizar un correcto control del entorno de manera física.

Un factor preponderante del problema es la escasez de entornos de simulación que permitan visualizar procesos industriales así por ejemplo el de un llenado y sellado de botellas, bajo este contexto logramos instruir el manejo u operación de esta maquinaria, además reducir riesgos físicos en el usuario.

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

La limitación no poder acceder a módulos de prácticas de procesos industriales debido a su alto costo de adquisición, evita que el usuario pueda desarrollar prácticas de automatización industrial.

#### **1.1.2. Formulación del problema**

La simulación de un proceso industrial de llenado y sellado de botellas mediante el motor gráfico Unity 3D permite visualizar y manipular el proceso de esta máquina con una similitud a la vida real.

### 1.1.3. Matriz causa-efecto

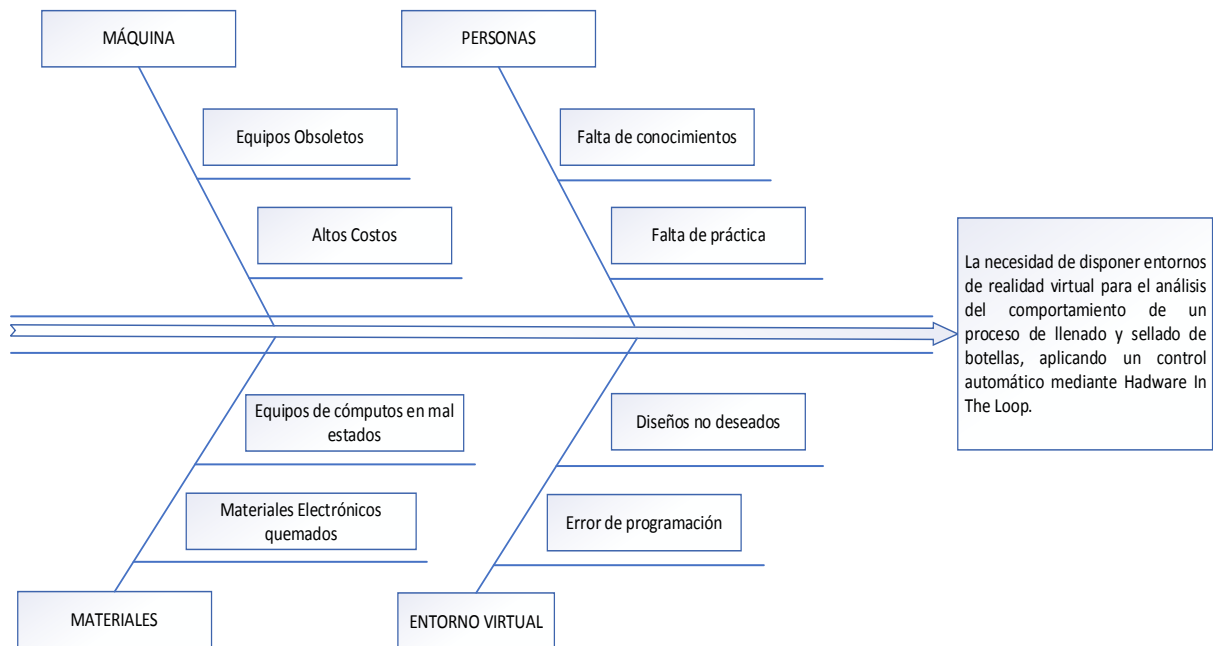


Figura 1.1 Matriz causa efecto

## 1.3. BENEFICIARIOS

### 1.3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos serán todos los estudiantes de Control Automatas Programables y la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 1.3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos serán toda la comunidad científica la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## 1.4. JUSTIFICACIÓN

La limitación de recursos para aplicaciones industriales en el mundo real orientado al desarrollo de plataformas virtuales con entornos didácticos que optimicen el aprendizaje del funcionamiento de una máquina y su proceso industrial, por lo tanto, esta propuesta tecnológica presenta el desarrollo de un entorno virtual de un proceso batch de llenado y sellado de botellas mediante Hardware In The Loop, en el cual se puede interactuar en un ambiente simulado y controlado asemejándose a una realidad inmersa de ingeniero en la vida real.



La simulación de este proceso se la realizará en la plataforma Unity 3D debido a que su infraestructura virtual tiene la facilidad de simular entornos que proporcionen a los usuarios de una manera didáctica y entretenida visualizar el proceso industrial de una máquina, así como también dar soluciones rápidas aumentando la eficiencia de su manejo.

## **1.5.HIPÓTESIS**

El desarrollo del entorno de realidad virtual mediante la técnica Hardware In The Loop proporcionará un sistema de bajo costo para la simulación de un proceso industrial de llenado y sellado de botellas.

**Variable Independiente:** Desarrollo de un entorno virtual y uso de la técnica Hardware In The Loop.

**Variable Dependiente:** Simulación de un proceso industrial de llenado y sellado de botellas

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo General**

Desarrollar un entorno virtual 3D para simulación de un proceso batch de llenado y sellado de botellas, utilizando la técnica Hardware In The Loop, para el control de este proceso industrial.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Investigar fuentes de información relacionadas con el desarrollo de entornos virtuales y procesos industriales.
- Desarrollar un entorno virtual que simule el llenado y sellado de botellas mediante la técnica Hardware In The Loop.
- Establecer procedimientos de operación mediante un listado de control (checklist), que permitan el correcto uso del entorno virtual.
- Validar el diseño propuesto mediante pruebas de funcionamiento del entorno virtual, en el cual se visualizará el proceso industrial del llenado y sellado de botellas.

**Tabla 1.1.** Tareas por objetivos

**1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

Objetivos específicos	Actividades	Resultado de actividad	Descripción de la actividad
<p>Investigar fuentes de información significativas relacionadas con el desarrollo de entornos virtuales y procesos industriales.</p>	<p>Especificación de toda la información referente a los ambientes virtuales y su aplicación en la industria.</p> <p>Selección de software más adecuado para el diseño y simulación de procesos industriales.</p>	<p>Adquisición de conocimientos de todos los antecedentes de procesos industriales.</p> <p>Familiarización con el software Unity en el cual será desarrollado del diseño.</p>	<p>Desarrollo del marco teórico con los conocimientos adquiridos.</p> <p>Instalación los softwares necesarios en el ordenador.</p>
<p>Desarrollar un entorno virtual que simule el llenado y sellado de botellas mediante la técnica Hardware In The Loop.</p>	<p>Comprobación de la compatibilidad del software con el controlador lógico programable para su correcto funcionamiento.</p> <p>Determinación de la versatilidad que proporciona el desarrollo de un entorno virtual 3D de un proceso industrial.</p>	<p>Realizar la correcta conexión de entradas y salidas del control lógico programable con los accionamientos simulados dentro del entorno virtual.</p> <p>Aplicar conocimientos de técnicas aplicables en el desarrollo de realidad virtual.</p>	<p>Adquirir un controlador lógico programable (PLC S7-1200).</p> <p>Esquema detallado de los diagramas realizados.</p>
	<p>Elaboración de un</p>	<p>El listado de control</p>	<p>Listado enumerado de</p>

<p>Establecer procedimientos de operación mediante un listado de control (checklist), que permitan el correcto uso del entorno virtual.</p>	<p>listado completo u hojas de verificación, siendo formatos generados para realizar actividades pertinentes.</p> <p>Durante el desarrollo de las actividades es muy importante que no se olvide ningún paso para una correcta ejecución.</p>	<p>para el entorno virtual 3D nos ayuda para controlar de forma pertinente el proceso de llenado y sellado de botellas.</p> <p>Comprobar los aspectos señalados puntuales del proceso del llenado y sellado de botellas.</p>	<p>los accionamientos de los actuadores necesarios para realizar proceso de llenado y sellado de botellas.</p> <p>Eficiencia y facilidad a la hora de realizar la ejecución del proceso de llenado y sellado de botellas.</p>
<p>Validar el diseño propuesto mediante pruebas de funcionamiento del entorno virtual, en el cual se visualizará el proceso industrial del llenado y sellado de botellas.</p>	<p>Asesoramiento del docente para la realización del entorno virtual 3D.</p> <p>Ejecución del funcionamiento de la simulación del proceso de llenado y sellado de botellas.</p>	<p>Llevar a cabo los planos y diagramas para la máquina de llenado y sellado de botellas.</p> <p>Observación de cada uno de los actuadores funcionen adecuadamente en simultaneo con el PLC.</p>	<p>Desarrollo del entorno virtual 3D en la plataforma Unity.</p> <p>Implementación del módulo de simulación virtual.</p>

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Antecedentes**

Desarrollan un trabajo de investigación acerca de enfoque Hardware In The Loop simulation para prácticas en control de procesos industriales que está ejecutado en dos fases en las cuales la fase uno utiliza una planta virtual utilizando la técnica HIL mientras que la fase dos utiliza una planta real. El desarrollo de este entorno implica la utilización de 5 etapas en las cuales intervienen distintos requisitos como implementación y evaluación de esta planta virtual. El objetivo de este entorno es de evaluar un nivel de flujo mediante diagramas de la planta su instrumentación y la lógica de control de la válvula. [1].

Proyecto titulado “Diseño e implementación del control de un generador síncrono utilizando la técnica Hardware In The Loop, llevándose a cabo con el fin de poner en efecto el control de voltaje de un generador sincrónico, llevándose a cabo mediante la técnica de linealización a lazo cerrado. [2].

Proyecto en el cual se realiza el diseño e implementación de un sistema didáctico mediante un entorno virtual de un proceso por lotes en el software Unity 3D, en el cual se utiliza la automatización con la ayuda de un controlador lógico programable (PLC S7-1200). Este proyecto tiene como modelo una estación de llenado y envasado de líquidos, para el control pertinente de esta planta virtual se utiliza la técnica Hardware In The Loop la cual incorpora entradas y salidas eléctricas con la utilización de un microcontrolador. [3].

Desarrollo un sistema en el que utiliza la técnica Hardware In The Loop (HIL) para concretar diferentes tipos de ensayos de controles avanzados de procesos en concreto el de un control en cascada este diseño se asemeja a una planta industrial. En este entorno muestra el comportamiento similar a lo real de un sistema de control nivel de agua mediante el uso de una caldera de vapor. [4].

Presentó el desarrollo de un entorno virtual 3D en el cual se simula el proceso industrial de nivel encaminado a una interfaz de entretenimiento para la calibración de una válvula de control, el proceso fue diseñado manejando las normas ISA S5.1 e ISA S5.3 (DIAGRAMA P&ID), el entorno 3D de los distintos componentes del sistema se desarrollaron en el software CAD, y son importados al software de diseño del entorno que este caso se utilizó el motor gráfico Unity 3D, su funcionamiento es una semejanza de una la planta industrial de nivel. [5].

Desarrollo de un entorno virtual para el control de nivel de agua en la cual realiza el proceso mediante el uso de la tecnología de la realidad virtual en donde llevan a cabo la automatización de este sistema. El entorno de esta planta virtual está desarrollado en motor gráfico Unity 3D, además se implementó una tarjeta DAQ para el acondicionamiento de las entradas y salidas analógicas para la regulación del control PID. Los elementos que se visualizarán al final de este proceso serán dos válvulas de control, un tanque de llenado y la técnica Hardware In The Loop. [6].

Desarrollo de un prototipo que su principal acceso es la técnica Hardware In The Loop, el cual permita suplir los módulos físicos por un entorno virtual de una planta para el control de nivel, debido al alto costo de estas máquinas imposibilita la manipulación de los mismos para el aprendizaje y prácticas de laboratorio de futuras generaciones de estudiantes de asignaturas a fines a la automatización o sistemas de control. [7].

El proyecto muestra un diseño mediante la técnica de Hardware-In-The-Loop (HIL) para control de flujo el proyecto tiene como finalidad la interacción de componentes reales y virtuales, es decir, se pondrá a disposición los componentes virtuales que estén relacionados a simulaciones de estaciones de control mediante la utilización del software Matlab, que simula el comportamiento real de esta estación. [8].

Este artículo simula un entorno virtual 3D de un biorreactor basado en el proceso de enseñar y dar a conocer este proyecto de forma real en la ingeniería. Utilizando la técnica de simulación Hardware-In-The-Loop, la cual consiste en simular el desarrollo de este entorno mediante el motor gráfico Unity 3D, el cual está orientado a mantener en óptimas condiciones las variables involucradas en el proceso, tales como: Biomasa, biomasa recirculada, oxígeno disuelto y demanda química de oxígeno, siendo esta última la variable controlada. [9].

Se desarrolla un proceso de un entorno virtual 3D que muestra un proceso batch utilizando la técnica “Hardware In The Loop”, a través del entrenamiento de un programador lógico programable (PLC), esto realizado en los laboratorios de automatización y control de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El proceso está constituido en 3 etapas, en la cuales las variables se las puede observar en un HMI integrado dentro del entorno virtual 3D; además dispone de un control en modo manual en el cual el usuario puede manipular el teclado del ordenador y ejecutar la activación de los sensores y los actuadores. [10].

## **2.2. MARCO REFERENCIAL**

La realidad virtual puede ser expuesta de distintos modos por lo cual desencadena confusiones, incluso de manera técnica. El usuario no especializado suele vincular a esta moderna tecnología de simulación digital con sus aspectos más superficiales y espectaculares, especialmente con los cascos de visualización estereoscópica y los guantes de datos.

### **2.2.1. Características básicas de la realidad virtual**

Se pueden diferenciar tres fases o estados de la realidad virtual.

- Pasivo: Este entorno no interactivo, es aquel en el cual se puede ver y oír y quizás sentir lo que sucede, además este entorno puede dar sensación de movimiento, sin embargo, no es posible controlar el movimiento, este entorno es correspondiente al llamado de películas dinámicas (o “ride films”).
- Exploratorio: Este entorno virtual es el que permite desplazarse para explorarlo mediante un salto cualitativo en cuanto a funcionalidad.
- Interactivo: Este entorno virtual interactivo permite poner a prueba y explorar el entorno, además es posible modificarlo. Por lo tanto, dentro de este entorno de realidad virtual podemos distinguir diferentes niveles de interactividad. [11].

### 2.2.2. Realidad virtual en la educación

Las razones principales para que resulte beneficioso el uso de la realidad virtual en la educación y la investigación son las siguientes:

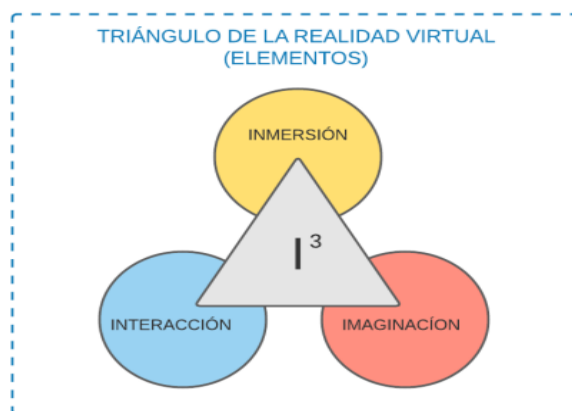
- Proporciona una experiencia semejante a la realidad con el uso de nuevas tecnologías.
- Interacción activa con el entorno.
- Permitir que el usuario mantenga una experiencia de aprendizaje mediante la manipulación de un entorno interactivo.
- Proporciona nuevas formas y métodos de visualización. [12].

### 2.2.3. Elementos de la realidad virtual

Para el desarrollo de la realidad virtual se tienen que considerar tres elementos fundamentales tales como:

- Inmersión: Tiene gran importancia en el desarrollo de entornos virtuales el cual tiene como objeto la creación de ambientes tridimensionales creados mediante un ordenador, los cuales ofrecen una al usuario una sensación de realismo.
- Interacción: Ofrece al usuario que interactúe sobre el escenario utilizando sistemas de posicionamiento los cuales permiten actuar sobre la posición de la cámara, además nos da la opción de interacción con sistemas hápticos el cual interactúa mediante fuerzas aplicadas.
- Imaginación: Capacidad mental del usuario para desarrollar y analizar objetos que permitan interactuar en conjunto la realidad virtual. [12].

En la siguiente figura 2.1. observamos los elementos de la realidad virtual.



**Figura 2.1** Elementos de la realidad virtual

**Fuente:** [5].

## 2.3.DEFINICIÓN HADWARE IN THE LOOP

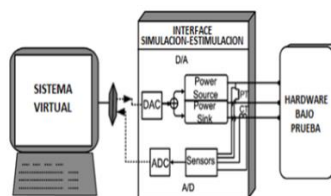
HIL (HWIL o HIS) es aquella técnica de prueba que tiene como principal objetivo el simular el funcionamiento de las entradas y salidas de un sistema físico que se conecta a una unidad de control, la diferencia de esta técnica con otros tipos de simulación es que el sistema de control es real y genera señales que están sujetas a la respuesta del sistema físico de prueba.

Básicamente, HIL es un dispositivo que induce un error al sistema de control haciéndole contemplar que está operando con entradas y salidas del mundo real, en tiempo real. En la figura se ilustra la representación del lazo que involucra la simulación del sistema físico y el control, además se muestran los componentes de la simulación y la comunicación con el mundo real, en la siguiente figura 2.2 se muestra el modelo de simulación HIL. [13].

### 2.3.1. Simulación HIL

La simulación en base a la metodología HIL es cada vez más valorada y usada como un método eficiente para el desarrollo de productos en casos en los cuales los sistemas son complejos o sus partes tienen un costo elevado o se encuentran en sitios distantes.

HIL como un método efectivo en diseño de controladores electrónicos de potencia, en el cual podemos corroborar menciona que esta técnica de alto rendimiento en un ambiente de simulación en tiempo real en la cual se obtienen resultados de alta confiabilidad. Esta técnica muestra en sus resultados el trabajo de aplicaciones de electrónica de potencia además un sistema HIL muestra completamente un sistema digital en tiempo real, este trabajo manifiesta la efectividad del HIL, en la figura 2.2 se muestra el diagrama de la estructura de un sistema HIL. [13].



**Figura 2.2** Diagrama estructura de un sistema HIL.

**Fuente:** [13].



## **2.4.SOFTWARE DE DISEÑO CAD**

La generalidad del diseño asistido por computadora (CAD) tiene como punto principal ser una "aplicación informática de proceso de diseño". Que consiste en un sistema de automatización relacionado a un proceso de diseño con una característica principal adherida a una entidad, de un sistema CAD, de proceso de ensamblamiento y de dibujo.

El sistema CAD está basado en la representación informática del modelo, que permite que la documentación del proyecto y las piezas detalladas, puedan realizar simulaciones en su modelado utilizando técnicas digitales en lugar de la creación de prototipos. Los ciclos de diseño que utilizan sistemas CAD solo se ven mermados solo si al incluir pasos de simulación entre la generación del modelo y el boceto. Este simple cambio puede ahorrarle mucho tiempo en el proceso de diseño al predecir cuándo se descubrirán ciertos defectos de diseño.

### **2.4.1. SolidWorks**

Es un software CAD SolidWorks, programa desarrollado actualmente en el que permite realizar diseños completos de procesos mecánicos, la concepción de esta idea permite la realización de planos técnicos necesarios para su fabricación.

Mediante este programa el diseño de ensamblaje de piezas el usuario puede modelar en tres dimensiones la pieza y rápidamente visualizar las vistas necesarias para la concepción de planos.

### **Simulación de diseño**

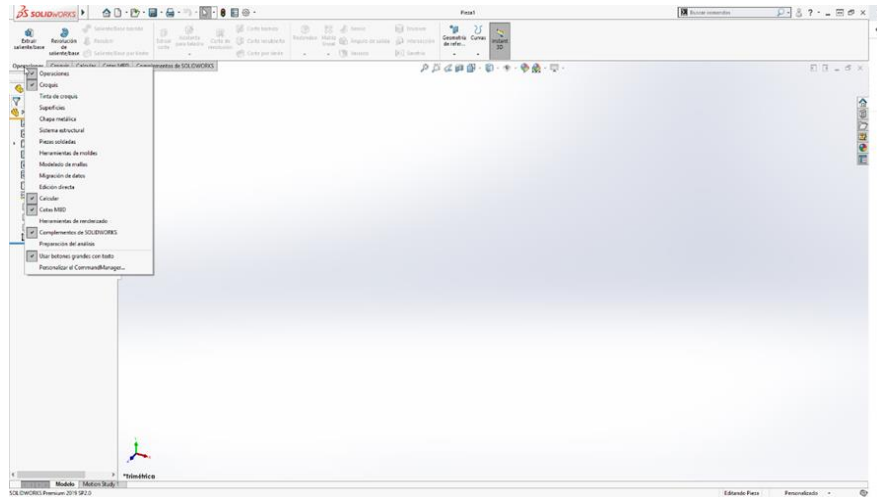
Las herramientas de simulación y sus complementos son con los que se puede contar en el programa que permiten al diseñador de una manera sencilla someter sus diseños que serán expuestas en el mundo real permitiendo perfeccionar la calidad de sus productos.

### **Conceptos generales de SolidWorks**

- Un modelo de SolidWorks está compuesto de geometría 3D o de varias geometrías en un ensamblaje de una pieza.
- Los modelamientos o dibujos se crean mediante modelos, o dibujando vistas en un documento de trabajo.
- La relación de asociación entre piezas, ensamblajes o dibujos en 2D9 tiene la finalidad de garantizar cambios relacionados al documento.
- Facilidad de generar dibujos o ensamblajes en cualquier momento durante el proceso de diseño.

- Tarjeta gráfica previamente instalada compatible con Realview para mostrar modelos o entornos con una base de realismo significativo y fotográfico. [14].

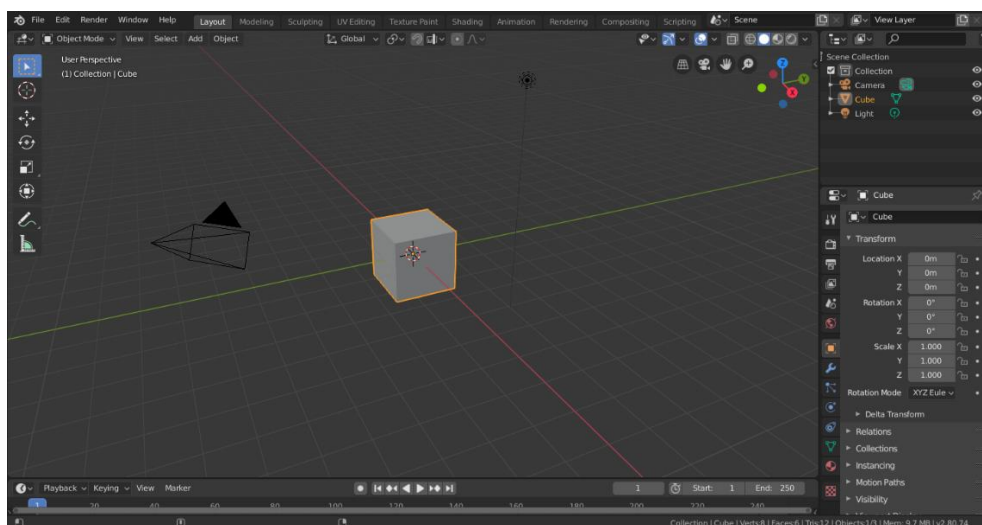
En la siguiente Figura 2.3 se muestra la pantalla principal de SolidWorks.



**Figura 2.3** Pantalla principal de SolidWorks

#### 2.4.2. Blender

Este programa de animación y modelamiento 3D libre y de código abierto, se lo puede utilizar para desarrollo de entornos en 3D, así como también de imágenes fijas, animaciones en 3D, tomas VFX y edición de video. Blender es un programa de multiplataforma que se ejecuta en sistemas Linux, Mac y Windows. Además, también tiene requisitos de memoria y almacenamiento relativamente pequeños en comparación con otras suites de creación 3D, en el siguiente gráfico 2.4 se muestra la pantalla de inicio de Blender. [5].



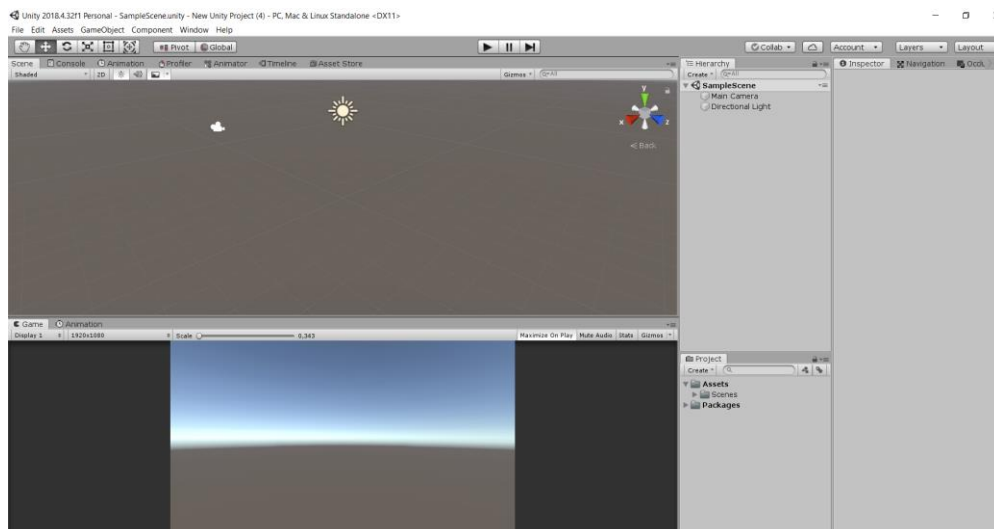
**Figura 2.4** Pantalla de inicio de Blender

## 2.5.MOTOR GRÁFICO UNITY 3D

UNITY 3D es un programa de computadora direccionado como un motor de video juegos que en los últimos tiempos ha venido a ser muy popular, en realidad este mecanismo es un conjunto de herramientas en el cual se facilita el cálculo de formas geométricas y comportamientos físicos que se llegan a utilizar en los video juegos. Todas estas herramientas están diseñadas para acelerar el proceso de creación de contenido del entorno virtual o el juego a realizarse más no para la resolución de problemas informáticos.

Por otro lado, una de las características de UNITY 3D es que hace de este mecanismo sea un referente en la industria de videojuegos y desarrollo de entornos de procesos industriales que nos permite añadir varios formatos 3D, como 3ds, Blender, FBX, así como también recursos de tipo gráfico, visual y de audio todos estos recursos pueden ser optimizados por UNITY.

UNITY permite montar entornos virtuales mediante su editor de lenguaje de programación, al usuario mediante scripts tener una interacción amigable, el usuario puede escoger entre Java Script, C# como lenguajes de programación y puede investigar toda la documentación de las API que proporciona UNITY, en la siguiente figura 2.5 se muestra el logo de Unity 3D. [15].



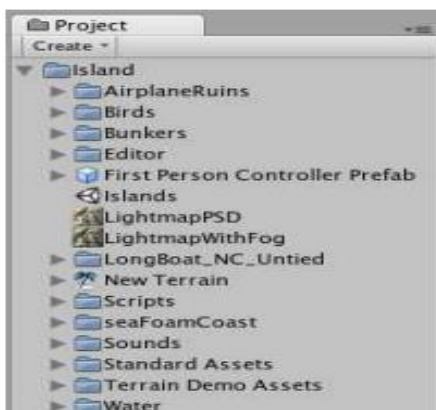
**Figura 2.5** Unity 3D

**Fuente:** [15].

## Vista de proyecto

La ventana Proyecto es la interfaz para manipular y organizar los diversos archivos que componen un proyecto como guiones, plantillas, texturas, efectos de audio y prefabricados, que se detallará más adelante en la sección de descripción. La estructura que se muestra en la ventana Proyecto es correspondiente a la subcarpeta Activos dentro de la carpeta del proyecto en el sistema de archivos de la computadora.

Se recomienda que la manipulación de su estructura y contenido se realice solo dentro de Unity 3D, para mantener la integridad de los metadatos asociados a estos elementos, sin embargo, ciertos cambios, como la actualización de una textura por un editor de imágenes, por ejemplo, o incluso la adición de nuevos activos, se puede hacer de una manera guardado directamente en el sistema de archivos, en la figura 2.6 se muestra el panel de proyecto ventana desplegada. [15].

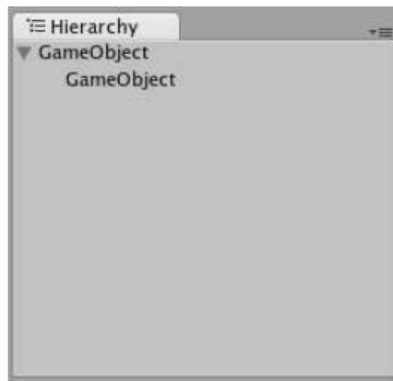


**Figura 2.6** Proyecto Ventana

**Fuente:** [15].

## Vista de jerarquía

La ventana Jerarquía muestra todos los elementos que se encuentran en la escena que está actualmente en edición. Además, en esta ventana podemos organizar y visualizar la jerarquía de composición entre los diversos objetos que componen la escena, la operación de estos objetos, así como la jerarquía de transformación se explicará con más detalle en la siguiente figura 2.7. [15].



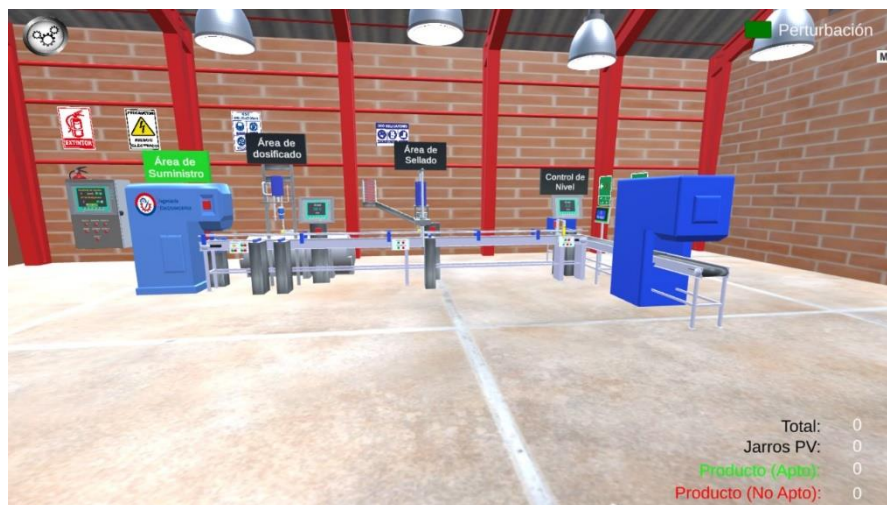
**Figura 2.7** Vista de jerarquía

**Fuente:** [15].

### Vista de escena

Esta ventana de Escena es la forma principal en la cual se logra manipular los elementos visuales. Unity, posibilita la orientación y posicionamiento de estos elementos con retroalimentación haciendo de estos un efecto inmediato en los cambios realizados. En esta ventana, se puede emplear gráficos arrastrando y soltándolos con la ayuda del mouse, sin embargo, también es posible la manipulación de las herramientas de modelado 3D y puede utilizar objetos como cámaras, escenarios, personajes y todos los elementos que componen la escena.

Debido a su gran relevancia mediante el desarrollo de esta aplicación se logra tener varias formas de navegación que se ofrecen con el fin de aumentar aún más la productividad del desarrollador, en la figura 2.8 se muestra la ventana de escena del panel principal de UNITY 3D. [15].



**Figura 2.8** Vista de escena

## Vista del entorno

Esta ventana del entorno es el encargado de visualizar la aplicación en desarrollo en la forma que se mostrará cuando haya culminado, además se puede obtener rápidamente una vista previa de cómo se comportan los elementos dentro de la aplicación. Unity ofrece opción para dar un intervalo de tiempo, para que la simulación mientras se esté depurando, permita que los parámetros de los diversos elementos se ajusten a experimentación.

El ajuste de estos parámetros no requiere que la simulación está paralizada y se pueda modificar incluso mientras se está ejecutando la simulación, otra opción que ofrece la vista del juego es que se puede ver diversa información estadística sobre la simulación, como el tiempo de procesamiento y el número de fotogramas por segundo, el número de renderizado de triángulos y vértices, memoria de textura utilizada, entre otros, en la siguiente figura 2.9 se muestra la vista del entorno virtual. [15].



**Figura 2.9** Vista del entorno virtual.

## 2.6. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Un lenguaje de programación es una manera de comunicarnos mediante un ordenador, celular o cualquier tipo de dispositivo tecnológico e indicarle el proceso que queremos que ejecute.

Existen varios tipos de lenguaje, principalmente de bajo nivel y de alto nivel la diferencia de estos se define en que tan cerca o lejos estemos del hardware de nuestro equipo, es decir, esta cercanía tiene que ver con el control que tenemos sobre el dispositivo, placa o controlador.

### 2.6.1. Lenguaje C#

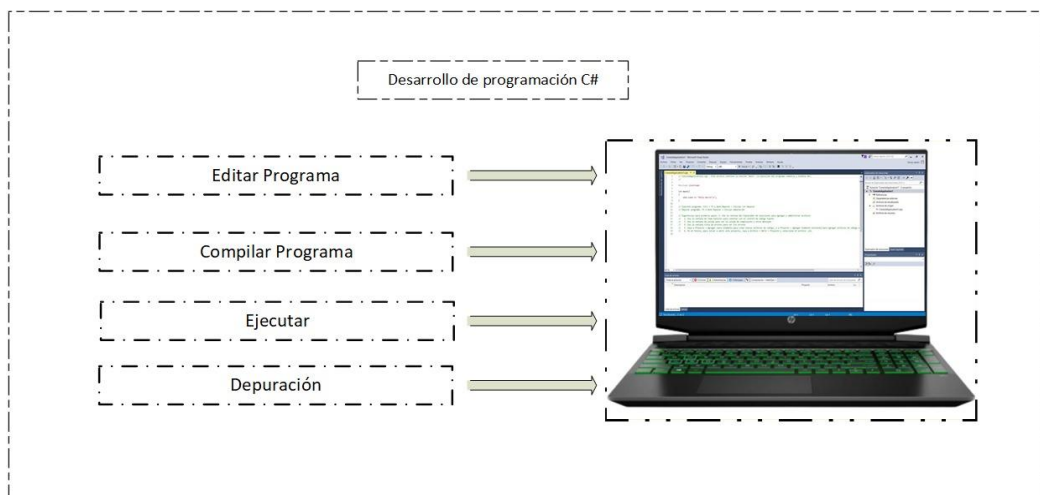
El lenguaje C# es una herramienta imprescindible, para el desarrollo de entornos en multilenguaje diseñado por la empresa Microsoft con el fin de simplificar el desarrollo, distribución y ejecución de las distintas aplicaciones para internet.

Los tres componentes fundamentales de este lenguaje son:

- Máquina virtual (CLR: Common Language Runtime) procesa el lenguaje escrito en un lenguaje intermedio.
- Biblioteca de clases (biblioteca .NET Framework)
- ASP.NET proporciona servicios necesarios para crear aplicaciones web.

C# es un lenguaje de alto nivel de programación que está adherido al paquete .NET, este lenguaje a través del tiempo ha venido evolucionando desde el lenguaje C/C++. Con este tipo de lenguaje se pueden escribir programas convencionales como también aplicaciones que muestran una interfaz gráfica de alto nivel al usuario o en su defecto una interfaz de texto.

En el paquete .NET está incluido un compilador (programa traductor) de C# el cual produce el código escrito en lenguaje intermedio que viene siendo un común denominador para el resto de lenguajes de programación de esta plataforma, en la siguiente figura se muestra de manera sistemática cómo se desarrolla un programa utilizando el lenguaje C#, en la siguiente figura 2.10 se muestra el desarrollo de programa utilizando lenguaje C#. [16].



**Figura 2.10** Desarrollo de programa utilizando lenguaje C#

Fuente: [16].

## **2.7.COMPIADOR DE PROGRAMACIÓN**

### **2.7.1. Visual Studio**

Visual Studio ha incorporado el último avance en los principales lenguajes de programación de Microsoft (Visual Studio C#) y esta versión no es diferente. Pero junto con el soporte para funciones de idiomas, también se mantiene el soporte para desarrolladores. En teoría, es posible crear cualquier aplicación .NET utilizando herramientas tan simples como el Bloc de notas y la ventana de línea de comandos. Pero el desarrollador típico nunca pensaría en hacerlo. Las herramientas y utilidades que vienen con Visual Studio hacen más para aumentar las diferencias con respecto a la versión anterior a este respecto. Incluye una gran cantidad de mejoras y nuevas funciones que tienen como objetivo facilitar el desarrollo de un desarrollador.

#### **Explorador de soluciones**

Un proyecto es conjunto de archivos, paginas, códigos de fuente imágenes entre otros los cuales son necesarios para la elaboración y la ejecución de la aplicación de un sitio web. Todo proyecto incluye distintas maneras de solución esto implica la creación de un proyecto con el mismo nombre y registro para posibles soluciones, Visual Studio utiliza los archivos más específicos con el fin de gestionar soluciones con extensión .sln y extensión. suo para dar más opciones al usuario.

#### **Actividades ligadas al desarrollo**

Visual Studio permite crear una aplicación que tiene como objeto encadenar cierto número de actividades definidas al proceso de desarrollo, tratándose de un IDE. Visual Studio trabaja con herramientas necesarias y eficaces para la ejecución de dichas actividades.

#### **Codificación**

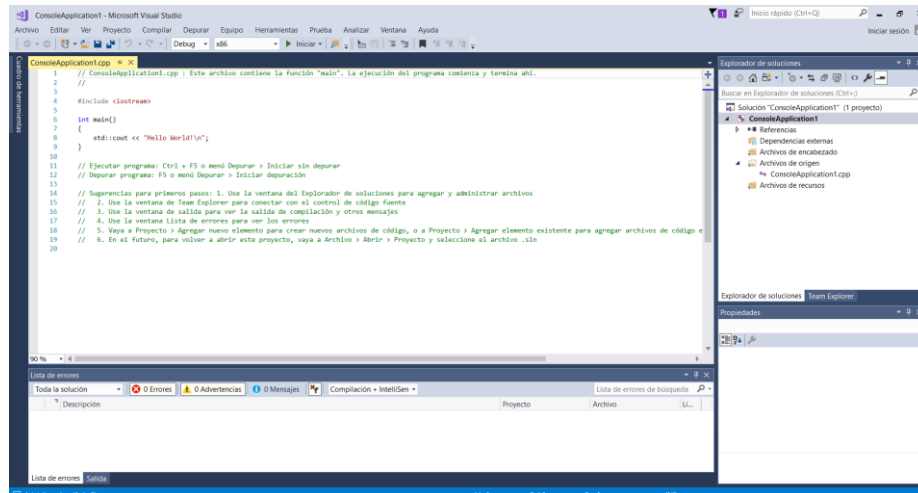
Es la acción principal del desarrollador de Visual Studio

#### **Depuración**

La depuración es una técnica que ha venido evolucionando pues las aplicaciones invocan actualmente a un código JavaScript y a bibliotecas muy amplias ya que la competición entre fabricantes de navegación de internet.

Visual Studio depura el condigo .NET, así como el de JavaScript, manteniendo ciertas preocupaciones por parte del desarrollador, en la siguiente figura 2.11 se muestra la pantalla de inicio del compilador Visual Studio 2017. [17].





**Figura 2.11** Pantalla de inicio Visual Studio 2017

## 2.8.MODELOS DE COMUNICACIÓN

El modelo de interconexión de sistemas abiertos o también llamado por sus siglas en inglés (OSI), el cual tiene como función permitir que diversos sistemas de comunicación se comuniquen utilizando protocolos estandarizados.

### 2.8.1. Protocolo de comunicación

Los protocolos de comunicación esta conformados por un conjunto de reglas y formatos establecidas para la comunicación entre emisor y receptor.

Las reglas definidas deben efectuarse para la comunicación de redes incluyendo la temporización, secuencia y revisión y corrección de errores. [18].

Elementos claves:

- Sintaxis
- Semántica
- Secuencia y Temporización

### 2.8.2. Protocolo Siemens (sharp #7)

Sharp7, al igual que Snap7, por diseño, solo maneja el protocolo Ethernet S7 comunicaciones Protocolo S7, es la columna vertebral de las comunicaciones de Siemens, su Ethernet la implementación se basa en ISO TCP (RFC1006) que, por diseño, está orientado a bloques.

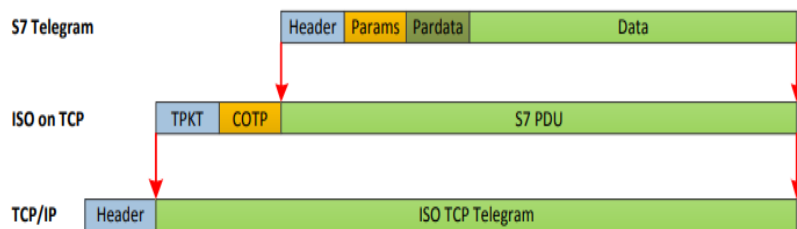
Cada bloque se denomina PDU (Protocol Data Unit), su longitud máxima depende del CP y se negocia durante la conexión. El protocolo S7 está orientado a la función o al comando, es decir, cada transmisión contiene un comando o una respuesta a él. Si el tamaño de un comando no cabe en una PDU, entonces se divide en más subsiguientes PDU.

Cada comando consta de:

- Un encabezado.
- Un conjunto de parámetros.
- Datos de parámetros.
- Un bloque de datos.

Los dos primeros elementos siempre están presentes, los otros son opcionales.

El protocolo S7, ISO TCP y TCP/IP siguen la conocida regla de encapsulación: cada telegram es la parte de "carga útil" del protocolo subyacente, así como se muestra en la siguiente figura 2.12. [19].

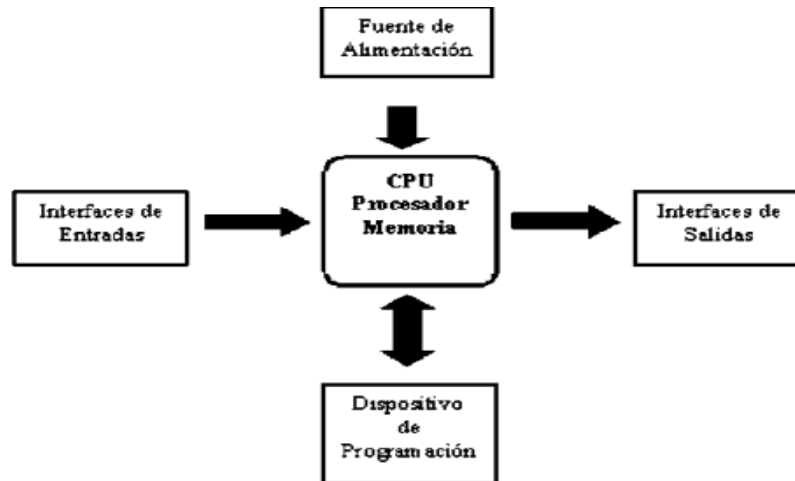


**Figura 2.12** Protocolo S7, ISO TCP Y TCP/IP

## 2.9.CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Los controladores lógicos programables o PLC, por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller, son aquellos dispositivos electrónicos que permiten el control de sistemas de sucesos moderados, cuya lógica se puede programar desde un ordenador utilizando un programa correspondiente del fabricante, incluso algunos PLC compactos permiten la programación directa desde una interface ubicada en su parte frontal.

La programación de un PLC tradicionalmente son los diagramas en escalera sin embargo se han incorporado lenguajes más intuitivos en los cuales se puede implementar algoritmos complejos mediante diagramas de flujo didácticos y más fáciles de interpretar y poderlos ejecutar, en la siguiente figura 2.13 e muestra la estructura funcional de un PLC. [20].



**Figura 2.13** Estructura funcional de un PLC

**Fuente:** [20].

### 2.9.1. Partes del PLC

#### Sección de entradas

Las entradas de un PLC están relacionadas y predestinadas a enviar datos para que se ejecute una acción, las entradas pueden ser de origen analógico o digital dependiendo los elementos de entrada así, por ejemplo, sensores, pulsadores, switch etc.

#### Secciones salidas

Las salidas corresponden a los elementos o actuadores que se van a manipular mediante el PLC, las salidas pueden ser digitales o análogas.

#### Unidad central de proceso

Esta unidad es la encargada de ejecutar el programa previamente desarrollado, la ejecución es previamente realizada de forma cíclica por lo que dispone de diferentes espacios de memoria, instrucciones de programa y registros, hay varios tipos de modelo de PLC dependiendo del fabricante sin embargo el funcionamiento sigue siendo el mismo.

#### Unidad de alimentación

Proporciona la corriente necesaria para que el PLC funcione, es decir convierte la energía de corriente alterna a niveles de tensión continua necesarios para la ejecución de circuitos del procesador y las entradas y salidas de las secciones correspondientes. [19].

### 2.9.2. Modelos de PLC

Los modelos de PLC más representativos de mayor influencia en el mercado según sus fabricantes tienen como objetivo de dar una visión con respecto a la amplia gama de PLC que finalmente el usuario puede seleccionar.

#### Modelo Siemens

Siemens es una empresa fabricante de programadores lógicos programables de origen alemán, con una gran trayectoria en el campo de automatización, esta empresa es pionera en tener una amplia gama de modelos todos ellos buscando solucionar la necesidad del consumidor final.

Los PLC Siemens se dividen según las diferentes características de procesos industriales, las diferentes clases que se encuentran en el mercado sin embargo la más tradicional es el PLC S7-1200, el cual se muestra en la figura 2.14. [7].



**Figura 2.14** PLC Siemens S7-1200

**Fuente:** [7].

### 2.9.3. Tia Portal

El programa El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) es un software de programación que tiene integrado distintos productos SIMATIC en una sola aplicación con el objetivo de mejorar la producción y la eficacia del proceso. TIA Portal además permite que los productos interactúen y ayuden a los usuarios en todas las áreas relacionadas con la creación de soluciones automatizadas.

Las soluciones de automatización son las siguientes:

- Un controlador que controla todo proceso con la ayuda del software.
- Un panel de operación con el que se conduce y visualiza el proceso. [7].

En la siguiente figura 2.15 el panel de programación de TIA PORTAL.

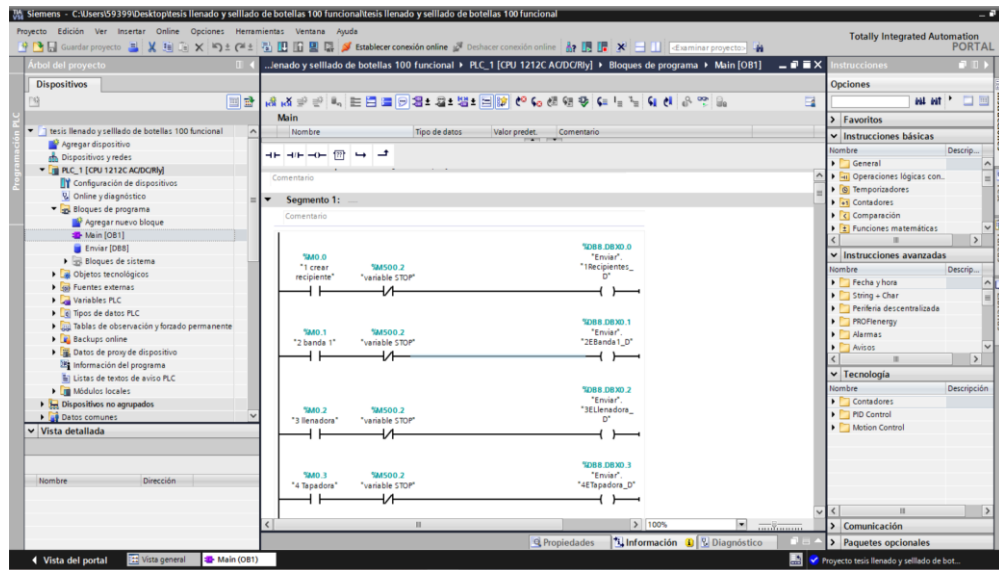


Figura 2.15 Panel de programación de TIA PORTAL

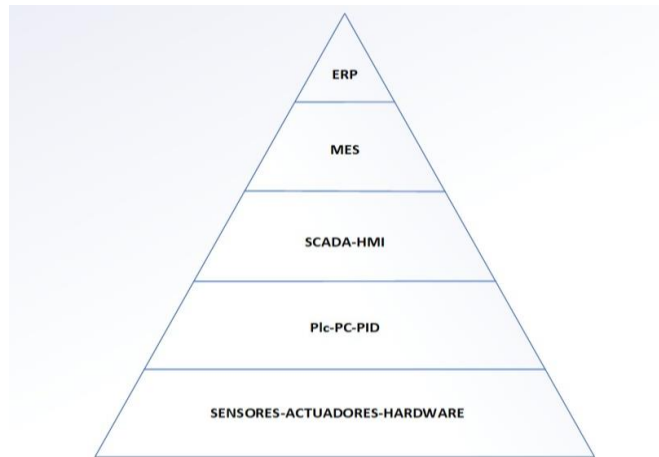
## Sistema de Ingeniería

En software TIA portal, el control y la visualización están dados por un sistema de ingeniería. En donde todo el dato se acumula y se guardan en el proyecto, los componentes de Programación (STEP 7) y Visualización (WinCC) no son programas separados, sino editores del sistema que tienen acceso a una base de datos común. [7].

### 2.9.4. Automatización

La automatización hoy en día es una rama fundamental para la elaboración de entornos de realidad virtual debido a los procesos productivos además es uno de los aspectos fundamentales en la industria.

Las nuevas tecnologías, como se las denomina coloquialmente, están revolucionando muchos campos y especialmente en la industria y en la educación afines a la ingeniería, los campus virtuales, son un método que posibilita un futuro donde la formación se realice a través de las redes de comunicación y las personas tengan un crecimiento profesional. [5].



**Figura 2.16** Pirámide de la automatización

### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.2. METODOLOGÍA**

El presente trabajo proyecto se basa en generar un módulo HIL para el desarrollo de entornos virtuales simulando de manera casi real la ejecución de un proceso de llenado y sellado de botellas utilizando el software Unity 3D para evidenciar el realismo mientras que con la ayuda de un Programador Lógico Programable (PLC) automatizar el proceso pertinente, además se emplea el método científico y descriptivo.

El desarrollo del módulo HIL tendrá como antecedente preliminar distintas citas bibliográficas, puesto que para emplear diferentes componentes se requieren especificaciones técnicas que se pueden encontrar tanto en textos impresos como digitales para una precisa manipulación de los mismos.

El proyecto tiene como objetivo, en un futuro no muy lejano se pueda acceder a esta tecnología de la industria 4.0 siendo como beneficiarios directos los estudiantes quienes evidenciaran de mejor manera los varios procesos industriales que se pueden mostrar de manera física, mediante estos entornos virtuales.

##### **3.2.1. Modalidad o enfoque de la investigación**

El presente trabajo de investigación corresponde a la modalidad factible ya que la propuesta es viable porque se proporciona un sistema de bajo costo para la simulación de un proceso industrial de llenado y sellado de botellas. Además se emplea el método científico y descriptivo.

### 3.2.2. Tipo de investigación

Con la investigación descriptiva se determina las distintas etapas del proceso de llenado y sellado de botellas con su respectivo control, así como también la visualización del entorno con una semejanza a la vida real.

Con la investigación de bibliográfica se consultaron fuentes para tener una mejor perspectiva de cómo surgió el desarrollo entornos virtuales y así poder definir un amplio concepto de investigación.

### 3.2.3. Métodos teóricos y empíricos a emplear

#### Método cuantitativo

Este proyecto es cuantitativo ya que se puede recolectar información en tiempo real con la ejecución de la máquina de llenado y sellado de botellas, esto debido a que en el entorno virtual consta de distintos sensores que ayudan a la recolección de datos.

### 3.2.4. Técnicas e instrumentos

#### Instrumentos

**Tabla 3.1** Componentes electrónicos

Computadora
Tablero de control
PLC S7-1200
Cables con punta de banana
Cable ethernet
Luces piloto
Potenciómetro

### 3.2.5. Descripción del proceso

Para ejecutar un desarrollo de automatización de diferentes procesos industriales es primordial ordenar los distintos tipos de funcionamiento, así como también dominar las características principales de los elementos y variables que interactúan dentro del proceso del entorno virtual.

En tal virtud el presente proyecto tiene como objetivo demostrar un proceso de llenado y sellado de botellas de líquidos la cual consta de cinco etapas que están distribuidas de la siguiente manera:

- Dispensador de envases
- Dosificador de líquidos.
- Dosificador de sellado.
- Área de pesado.
- Clasificación de producto final.

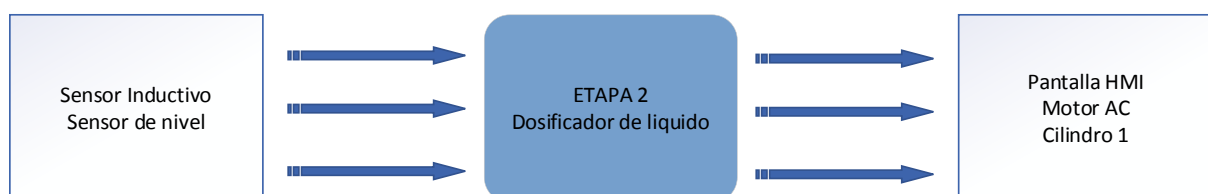
### 3.2.6. Etapa 1 Dispensador de envases

La primera etapa está conformada por una estructura en la cual se genera los envases que empiezan a ser distribuidos por la banda 1 que se mueve con la ayuda de un motor AC para posteriormente ser distribuidas a las siguientes zonas de llenado, sellado, pesado y clasificación de producto final a continuación en la figura se muestra los sensores y actuadores que actúan en esta etapa.

En esta etapa la función a cumplir es la de tapar los envases que llegan con el líquido, para lo cual entra en acción un sensor de proximidad para detectar el envase además de un cilindro que lo detiene por un determinado tiempo para que el dosificador entre en acción y selle los recipientes para que puedan avanzar hacia el área de pesado, en la siguiente figura se muestra sensores y actuadores que representan las entradas y salidas de esta etapa.

### 3.2.7. Etapa 2 Dosificador de líquidos

La segunda etapa consta de un cilindro que contendrá el líquido a dosificar, la dosis de dicho líquido será medida mediante un sensor de nivel, además por medio de un sensor de presencia o sensor inductivo se verifica que el envase se encuentra en posición correcta para empezar su respectivo llenado, finalmente se dispone de una pantalla HMI que muestra la cantidad de líquido insertado en el envase, en la siguiente figura 3.1 se muestra las entradas y salidas de la etapa 2.

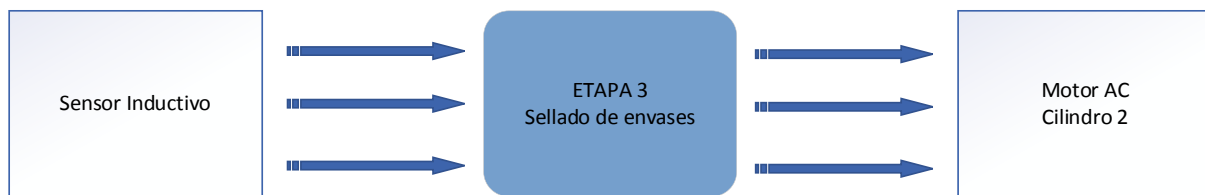


**Figura 3.1** Entradas y salidas etapa 2



### 3.2.8. Etapa 3 Sellado de envases

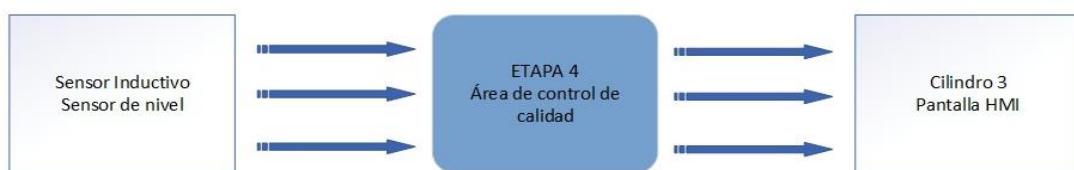
En esta etapa la función a cumplir es la de tapan los envases que llegan con el líquido, para lo cual entra en acción un sensor de proximidad para detectar el envase además de un cilindro que lo detiene por un determinado tiempo para que el dosificador entre en acción y selle los recipientes para que puedan avanzar hacia el área de pesado, en la siguiente figura se muestra sensores y actuadores que representan las entradas y salidas de esta etapa, en la siguiente figura 3.2 se muestra las entradas y salidas de la etapa 3.



**Figura 3.2** Entradas y salidas etapa 3

### 3.2.9. Etapa 4 Área de control

En esta cuarta etapa consta del área de control de nivel del agua o de calidad la cual tiene sensores de presencia o inductivo, una banda transportadora (banda 3) y una pantalla HMI en la cual se muestra el nivel de llenado del envase, al terminar este proceso los envases pasan a la siguiente etapa de clasificación de productos aptos y no aptos, en la siguiente figura 3.3 se muestra las entradas y salidas de la etapa 4.

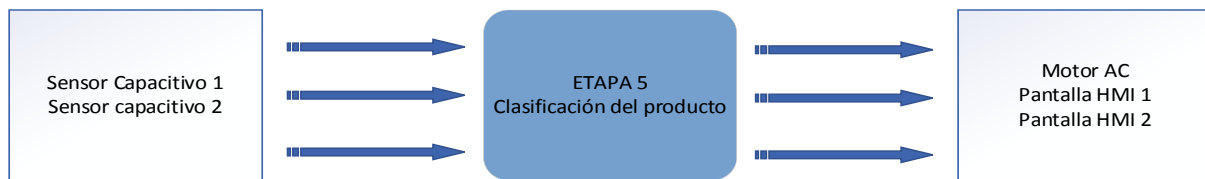


**Figura 3.3** Entradas y salidas etapa 4

### 3.2.10. Etapa 5 Clasificación de producto final

Finalmente, en esta etapa se clasificará el producto en aptos y no aptos los productos aptos serán lo que cumplan con las condiciones establecidas en proceso (nivel de líquido y peso correcto), si el producto final es apto se activa la banda 2 (envases buenos) de lo contrario se activara la misma banda 2 pero en sentido contrario (envases malos), en la siguiente figura se muestra los sensores y

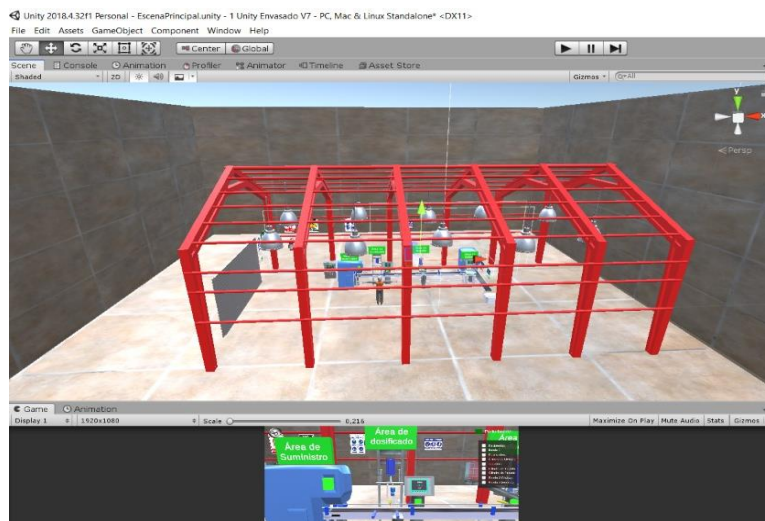
actuadores que representan las entradas y salidas de esta etapa, en la siguiente figura 3.4 se muestra las entradas y salidas de la etapa 5.



**Figura 3.4** Entradas y salidas etapa 5

### 3.2.11. Diseño de entorno virtual

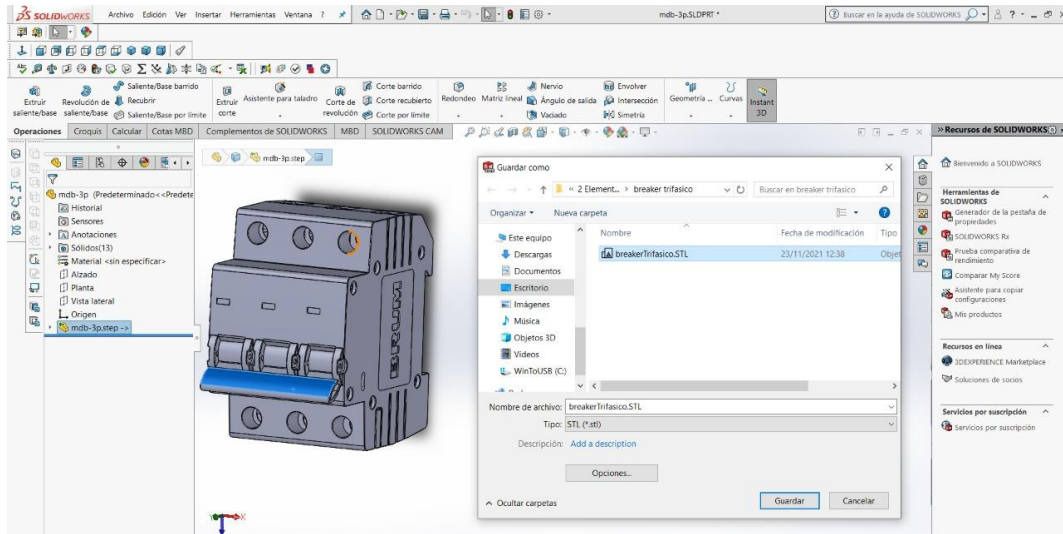
Durante el desarrollo de la parte gráfica es necesario el uso del ingenio para creación de diseño de entornos virtuales, este término hace referencia a las diversas bibliotecas de programación que agilitan la creación y visualización de los mismos. En este proyecto el mecanismo utilizado es Unity 3D, por ser una herramienta con características favorables para la creación y animación de entornos virtuales de cualquier tipo, en el siguiente grafico 3.5 se muestra el diseño del entorno virtual en su boceto principal.



**Figura 3.5** Diseño del entorno virtual

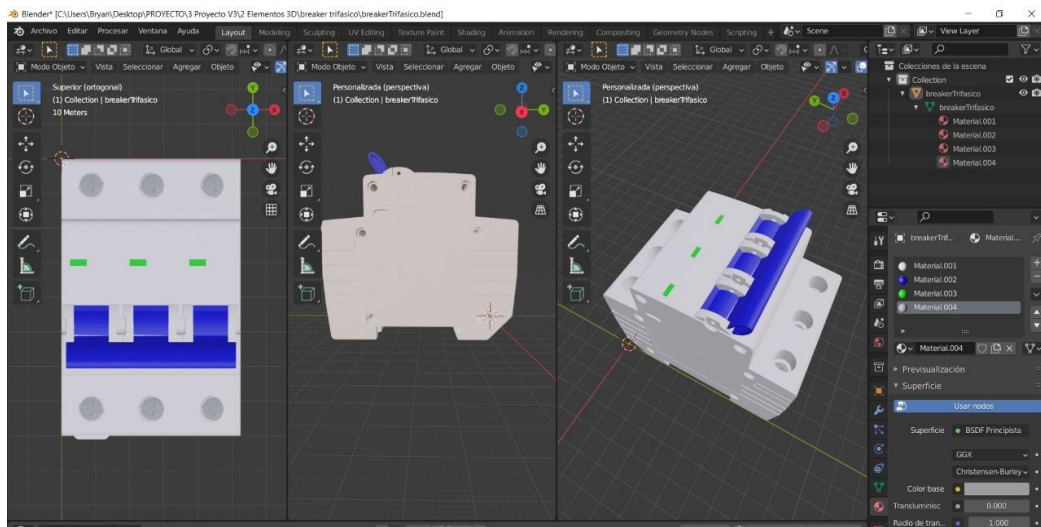
### 3.2.12. Importación de piezas u objetos hacia Unity 3D

Para que un objeto sea reconocido por el mecanismo gráfico de desarrollo de entornos virtuales, debe tener la extensión \*.fbx. Los pasos que se utilizan para la conversión son: Primero, considere que el diseño del objeto se crea en SolidWorks, pero si es un objeto o una pieza, debe guardarlo con extensión. y si es un ensamblaje \*.prt, se guardará. con la extensión \*.sldprt como se muestra en la siguiente figura 3.6.



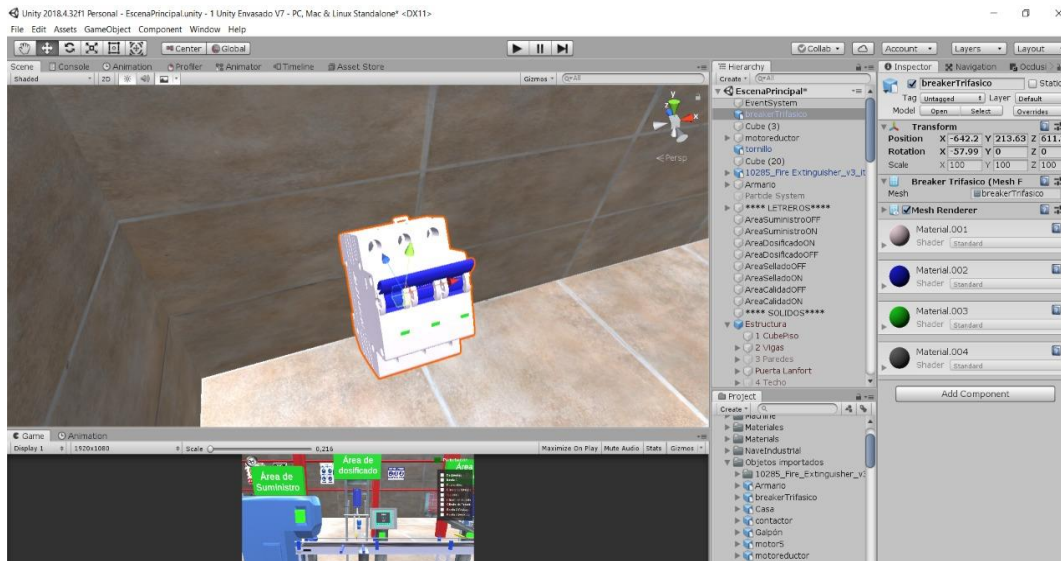
**Figura 3.6** Importación de objetos desde SolidWorks

Después de haber guardado la pieza objeto o ensamble, procedemos al siguiente paso que es el de importar el mismo al software Blender para lograr visualizar las características y dar colores a las piezas que conforman el objeto, así como se muestra en la figura 3.7 en donde le damos color y detalles a la pieza realizada anteriormente en SolidWorks.



**Figura 3.7** Diseño de la pieza en el software Blender

Finalmente, una vez hecho estos pasos previos ahora se debe que exportar el objeto 3D, es decir, el elemento con extensión \*.fbx para posteriormente por medio de unity3D importarlo simplemente arrastrándolo a la carpeta de objetos en la configuración de carpetas del proyecto que se puede tramitar mediante la ventana Project como se muestra en la siguiente figura 3.8.



**Figura 3.8** Importación de piezas a Unity 3D

### 3.2.13. Desarrollo del proceso del entorno virtual

Para empezar el desarrollo del proceso se debe considerar la instrumentación necesaria como actuadores, sensores, y todo tipo de elementos industriales semejantes a la realidad de tal manera que la experiencia del usuario sea única. Cada etapa del proceso se empleó dentro del escenario del entorno 3D de tal manera que cumpla con la secuencia solicitada, además se añadieron algunos objetos 3D para que se asemeje a una industria de modo que esta experiencia sea realista, en las figuras 3.9 y 3.10 se muestra la vista interna del entorno, además de piezas 3D implementas en el mismo entorno virtual.



**Figura 3.9** Vista frontal del entorno virtual

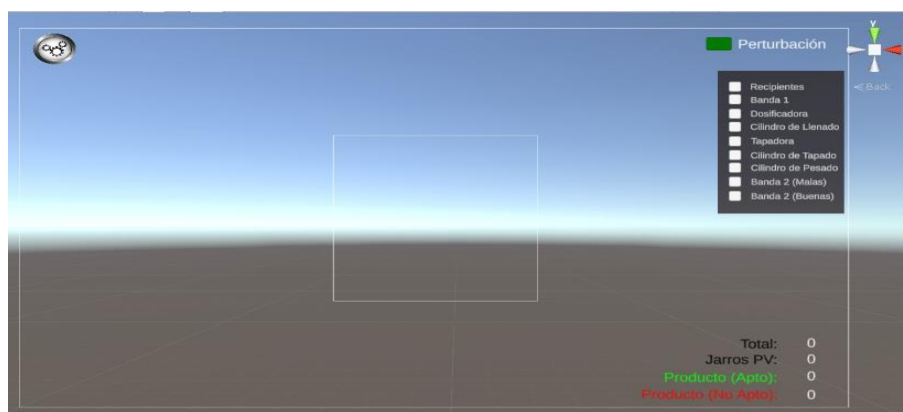


**Figura 3.10** Piezas 3D implementadas en el entorno

### 3.2.14. Rotulación del entorno virtual (Canvas)

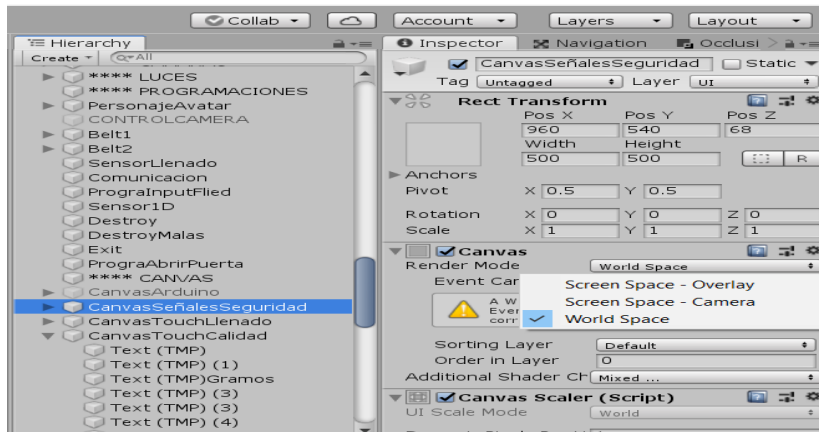
Cada etapa del desarrollo del proceso de llenado y sellado debe ser distinguido con sus respectivos nombres por lo cual se ocupa herramientas para la creación de interfaz de usuario (UI). Para rotular o dar nombramiento a cada periodo del proceso se crea un depósito o área llamada “Canva” donde se colocarán todos los elementos de interfaz como son botones, texto, imágenes, barras de desplazamiento, entre otros.

Una vez creado el UI, en la sección del inspector del Canva se tiene que delimitar el modo de renderizado, es decir, el carácter que requiere acatar el UI, además existe dos versiones dentro del espacio en la pantalla o en el espacio mundial como se indica en la siguiente figura 3.11.



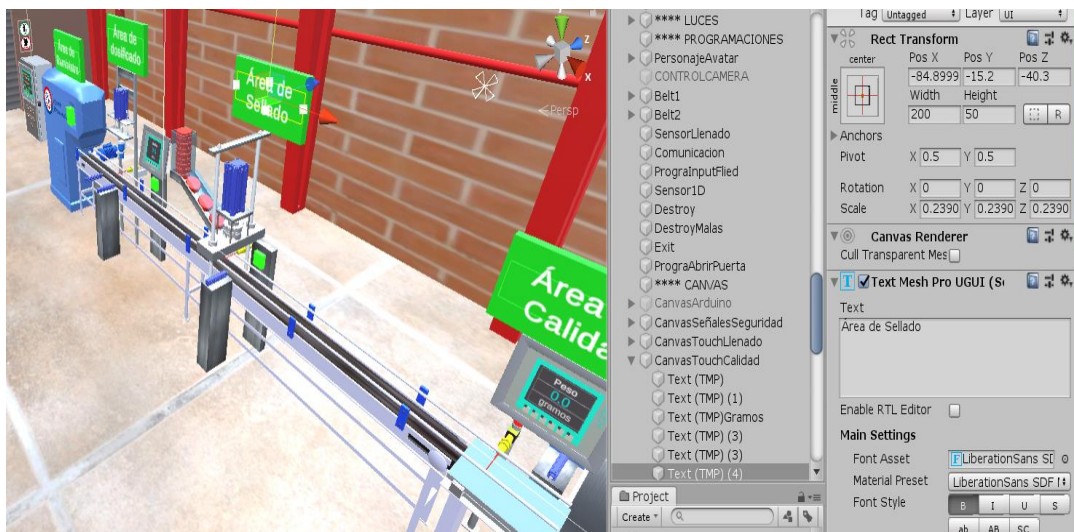
**Figura 3.11** Canva con el modo MeshTextPro

Para dar una mejor calidad a cualquier tipo de Canva sea este para letras o para imágenes tenemos la siguiente opción que nos permite dar un mejor renderizado y mejorar su calidad visual.



**Figura 3.12** Tipos de renderizado en el Canva

Una vez fijado las escalas en el Canva y se procede determina el modo de renderizado e ingresa el texto, imágenes deseadas y se procede a manipularlo como un objeto más en el escenario de Unity, así como se muestra en la siguiente figura 3.13.



**Figura 3.13** Renderizado de Canva modo texto

### 3.2.15. Proceso de animación del entorno virtual

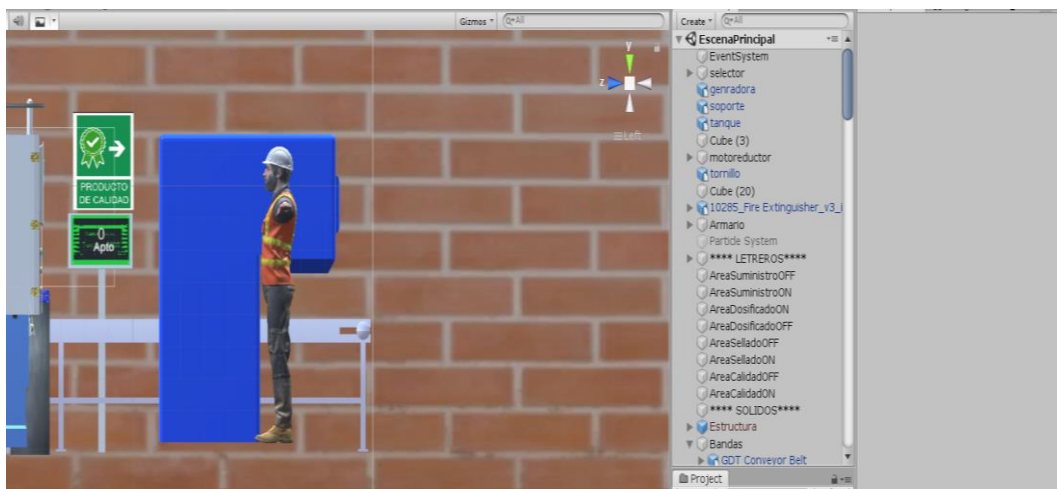
Las animaciones y movimientos que se le implementan al ambiente 3D se desarrollan a partir de programación encaminada a objetos en lenguaje C# integrados al compilador de Visual Studio. Un script es un corto programa que se puede mancomunarse a uno o varios GameObjects como si se tratara de un componente más. El propósito de esta función es proporcionar una operatividad concreta a ese GameObject a través de llevar a cabo los procedimientos y órdenes que contenga dicho script.

Cada etapa del proceso de llenado y sellado de botellas tienen objetos vinculados en script como componentes para animar el funcionamiento de los distintos actuadores, sensores y cualquier otro implemento que se necesite dentro del entorno.

### 3.2.16. Creación del avatar o personaje del entorno

Para la creación del personaje o avatar es fundamental que este pueda desplazarse o moverse dentro del entorno en este caso dentro de un galpón similar al de una industria, otra característica que debe tener el personaje es el poder observar cómo se desarrolla el proceso en primera persona por tal virtud se crea un personaje o jugador que interactúe con el proceso.

Gracias a los recursos gratuitos que brinda Unity 3D existe un paquete de archivos estándar que contienen varios elementos como efectos, texturas, sistemas de partículas, controladores de primera y tercera persona, entre otros. Sin embargo, para poder utilizar este paquete de elementos Stadar Assest es necesario descárgalos de la página oficial de Unity, en la figura 3.14 se muestra el personaje del entorno en tercera persona.



**Figura 3.14** Creación de personaje, vista del entorno en tercera persona

### 3.2.17. Creación del tanque reservorio

Para la creación del tanque se utilizó el software SolidWorks en donde se diseñó el modelo del tanque para exportarlo a Unity en donde este simulará la retención del líquido que será distribuido por la dosificadora por lo cual utilizaremos la siguiente fórmula:

$$vol = L * A * H$$

En donde:

***vol: volumen (m<sup>3</sup>)***

***L: Largo (m)***

***A: Ancho (m)***

***H: Altura (m)***

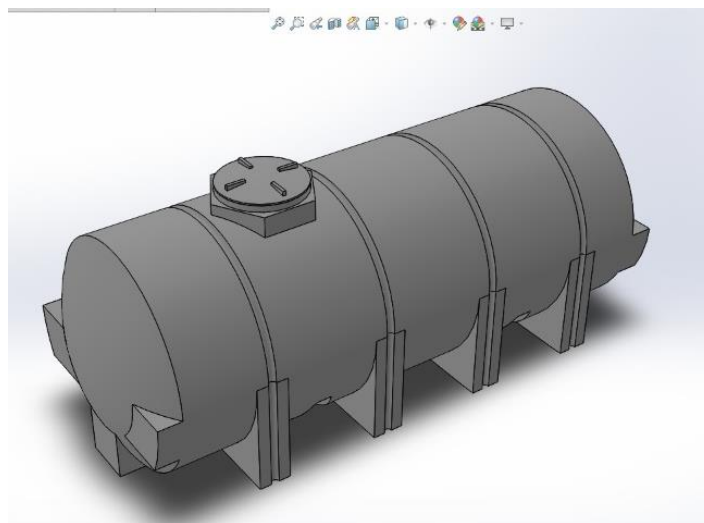
Dimensionamiento del tanque

$$vol = L * A * H$$

$$vol = 3.50m * 1.20m * 1m$$

$$vol = 1.20m^3$$

Así como se muestra en la figura 3.15 Creación del tanque.



**Figura 3.15** Creación del tanque

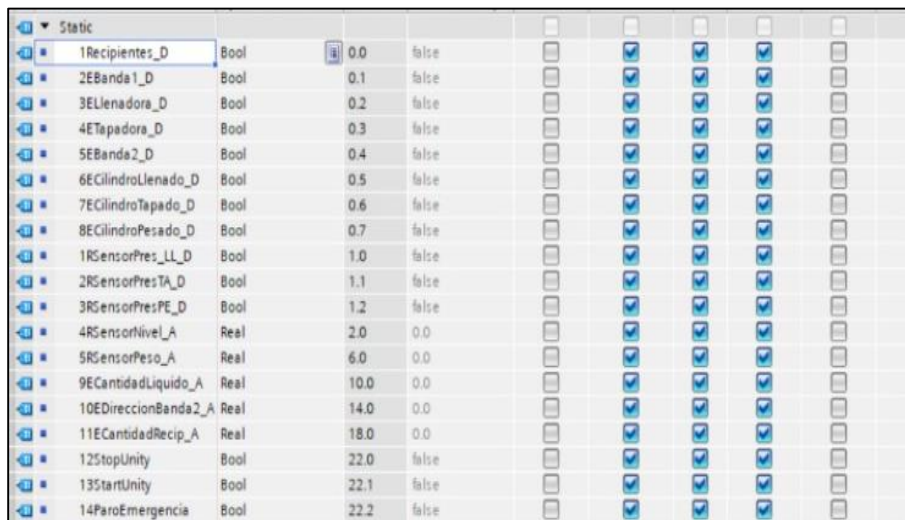
### **3.2.18. Protocolos de comunicación**

La comunicación se ejecuta mediante TCP/IP la cual es el protocolo S7 para el enlace entre el TIA PORTAL y el Unity, maneja comunicaciones del Protocolo Ethernet S7. La ventaja del uso del protocolo S7 nos permite acceder a la memoria del automático (E/S/M/DB) entre otros sin la obligación de crear un código. Para la comunicación el PLC tiene que poseer un firmware 4.0 por que las versiones anteriores no poseen la opción PUT/GET ya que es importante para enlazar,



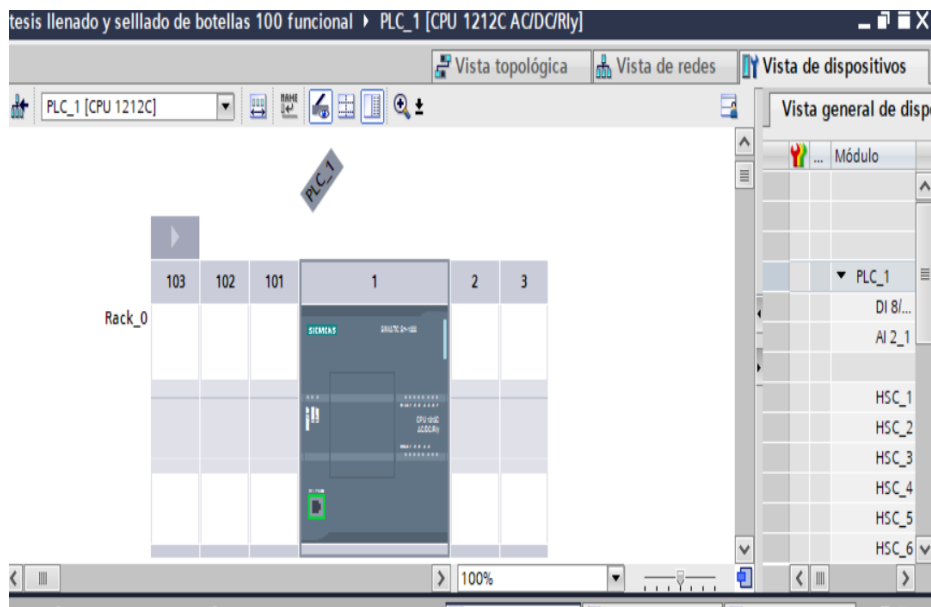
además se debe configurar la dirección IP del PLC en el TIA PORTAL y para nuestro proyecto de envasado y sellado se utiliza una IP la cual es 192.168.0.3.

Una vez abierto el TIA PORTAL se ubica en la parte de creación de bloques DB en la cual se crea un bloque de datos, la cual es para la lectura de variables, así como se muestra en las figuras 3.16 y 3.17.



Variable	Dato	Valor	Comentario	...	...	...	...	...
1Recipientes_D	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2EBanda1_D	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3ELienadora_D	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4ETapadora_D	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5EBanda2_D	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6ECilindroLlenado_D	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7ECilindroTapado_D	Bool	0.6	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8ECilindroPesado_D	Bool	0.7	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1RSensorPres_LL_D	Bool	1.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2RSensorPresTA_D	Bool	1.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3RSensorPresPE_D	Bool	1.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4RSensorNivel_A	Real	2.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5RSensorPeso_A	Real	6.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9ECantidadLiquido_A	Real	10.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10EDireccionBanda2_A	Real	14.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11ECantidadRecip_A	Real	18.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12stopUnity	Bool	22.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13startUnity	Bool	22.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14ParoEmergencia	Bool	22.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

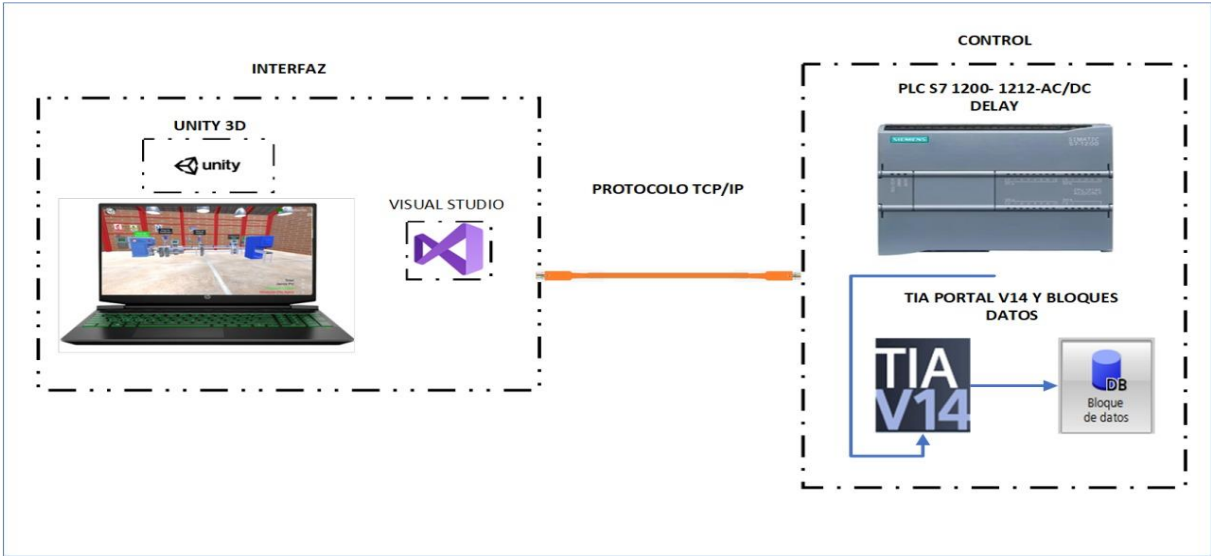
**Figura 3.16** Creación de bloque de datos



**Figura 3.17** Acceso a todas las variables del PLC

Una vez realizada la configuración del TIA PORTAL, nos dirigimos a Unity en donde se encuentra nuestra planta de realidad virtual para la cual la enlazamos mediante el TCP/IP, en la cual es el Protocolo Ethernet S7 y se vincula las variables de los bloques del TIA PORTAL con los datos

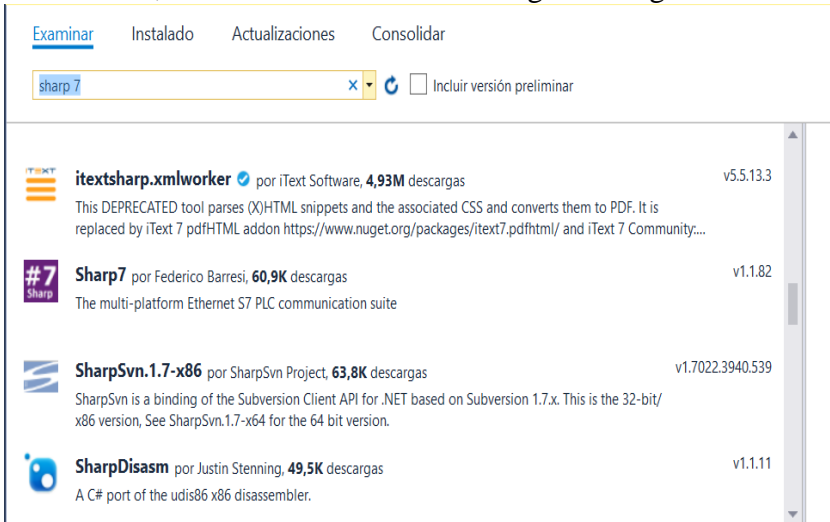
del Visual Studio y luego con Unity 3D, en la siguiente figura 3.18 se muestra el protocolo de comunicación.



**Figura 3.18** Protocolo comunicación

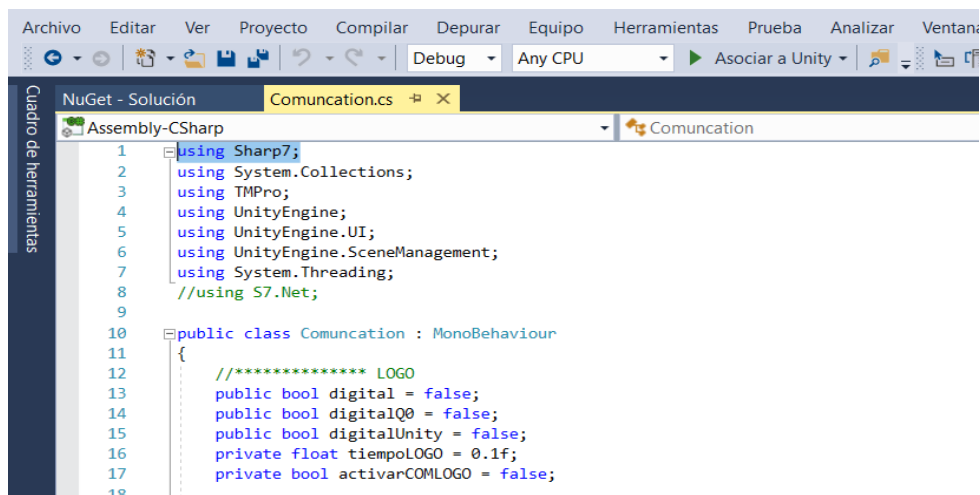
Una vez realizado la configuración pertinente en Tia Portal nos dirigimos a Unity 3D donde se copia un archivo en formato .dll (Sharp.dll), este archivo está encargado de comunicar las variables de datos entre Visual Studio y Tia Portal para que finalmente las ejecute Unity 3D.

Para poder utilizar esta librería y lograr la comunicación pertinente debemos instalar Sharp 7 en el compilador Visual Studio, así como se muestra en la siguiente figura 3.19



**Figura 3.19** Instalación de la librería Sharp 7 en el compilador Visual Studio.

Finalmente agregamos el script principal de la librería para conseguir el uso de sus distintas clases de lectura y escritura mediante las funciones que proporciona esta librería.



**Figura 3.20** Declaración de la librería Sharp 7 en el compilador Visual Studio.

### 3.2.19. Compatibilidad

Lista de compatibilidad de las funciones del PLC S7

**Tabla 3.2** Lista de compatibilidad de las funciones del PLC S7

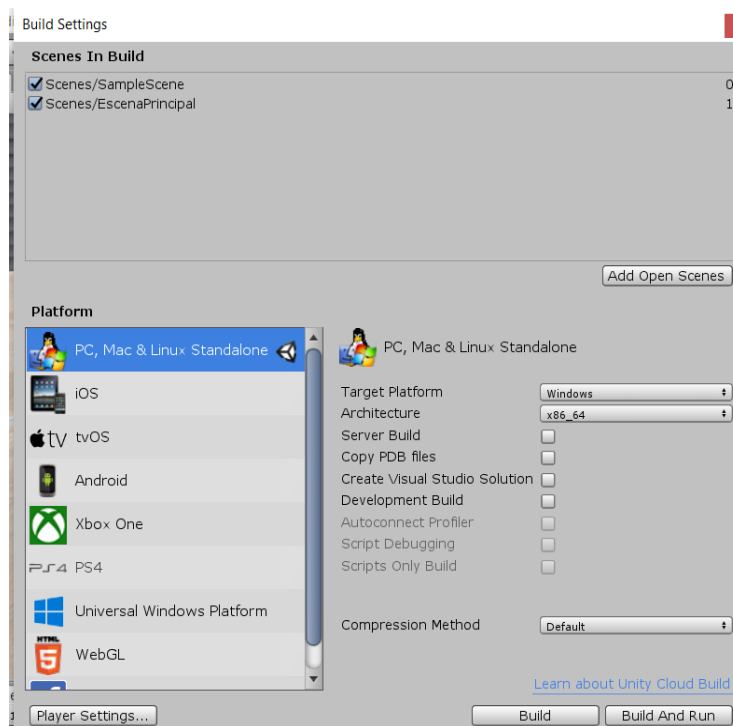
	CPU						
	300	400	WinAC	1200	1500	LOGO	S7200
BD lectura/ escritura	0	0	0	0(1)	0(1)	0(2)	(0(2))
EB lectura/ escritura	0	0	0	0	0		
MK lectura/ escritura	0	0	0	0	0		
CT lectura/ escritura	0	0	0	0	0		
Obtención/ configuración de la fecha y hora del PLC	0	0	0				
Obtener el estado del PLC	0	0	0				
Leer SZL	0	0	0				
Obtener el estado del PLC	0	0	0				
Obtener información del bloque AG	0	0	0				

Obtener BD	0	0					
Control de marcha/parada	0	0	0				
Función de seguridad	0	0	0				

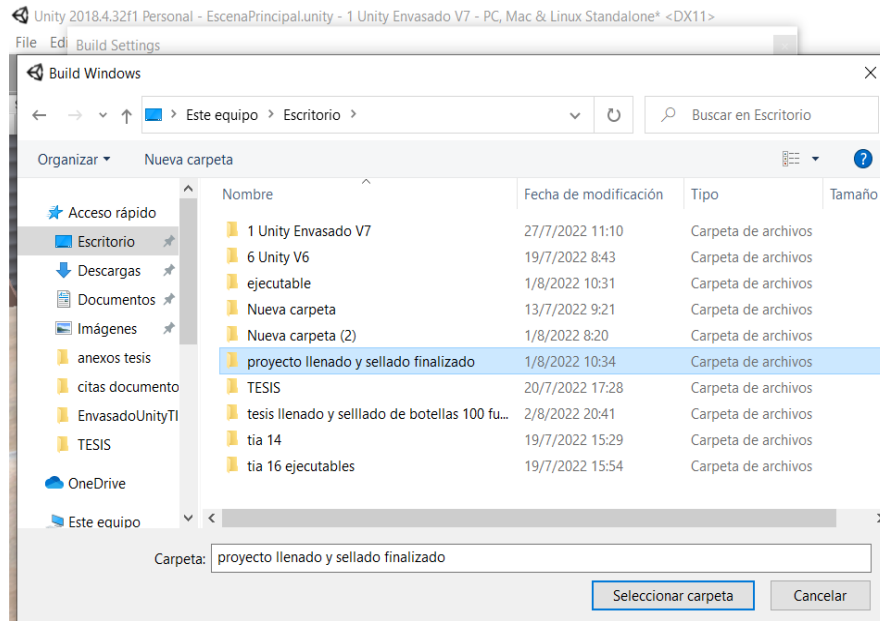
### 3.2.20. Archivo ejecutable del entorno virtual

Finalizado el proceso de diseño y programación del entorno virtual de llenado y sellado de botellas es necesario producir la aplicación ejecutable del juego para el servidor de Windows con el fin de realizar la interacción directa entre el usuario y la planta virtual, cabe resaltar que se puede hacer ejecutables para diferentes plataformas, esto depende de la máquina o dispositivo en el cual se requiera ejecutar el juego o el entorno virtual.

En la pestaña file se selecciona la opción “Build Settings” seleccionamos una carpeta en donde deseamos guardar los archivos y el ejecutable y lo guardamos, en este caso la PC cuenta con un sistema operativo Windows con arquitectura de 64 bits la cual tiene los recursos suficientes para ejecutar el juego sin ningún inconveniente, en las dos siguientes figuras 3.21 y 3.22 se muestra la manera correcta de como guardar el ejecutable del entorno virtual.

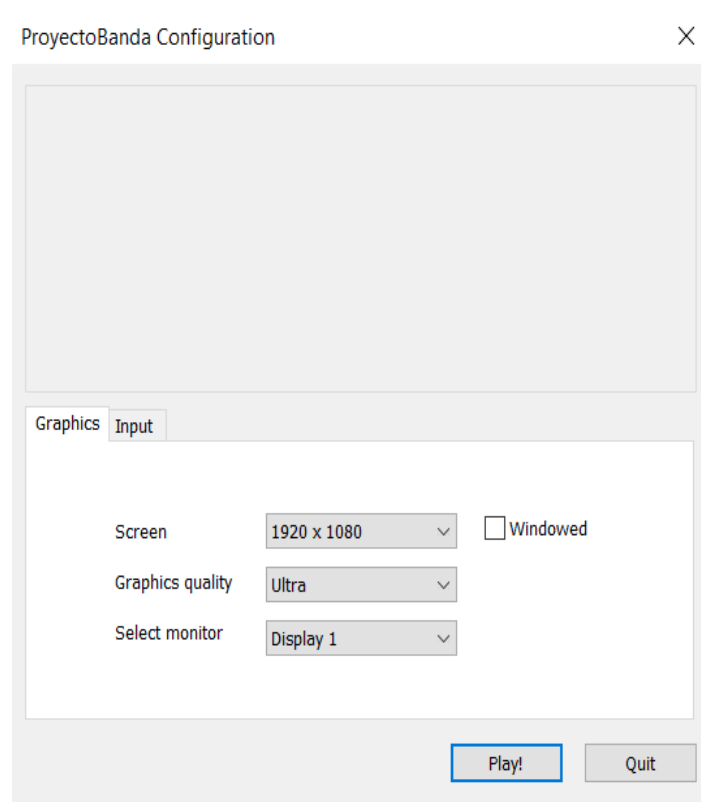


**Figura 3.21** Ventana Build Settings



**Figura 3.22** Selección de carpeta del ejecutable

Finalmente tenemos la interfaz del ejecutable del entorno virtual listo para poder ser manipulado por el usuario, así como se muestra en la figura 3.23



**Figura 3.23** Interfaz del ejecutable

### 3.2.21. Ejecución de entorno virtual

Para realizar la ejecución de nuestro entorno procedemos a pulsar play en la interfaz de inicio como se muestra en la figura 3.20, posteriormente el programa Unity ejecutara nuestro entorno como tal y podremos manipularlo a nuestra conveniencia utilizando el menú que se desplegara al iniciar la ejecución.

## 3.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En primera instancia para realizar las primeras pruebas del entorno virtual y comprobar su funcionamiento se utilizó el modo manual en donde con la ayuda del teclado del ordenador se genera inicio del proceso de la máquina de llenado y sellado de botellas, para posteriormente proceder a dar solución este proceso en conjunto con un programador lógico programable (PLC).

### 3.3.1. Menú de inicio del entorno

Este entorno virtual está conformado por tres modos de juego que están disponibles en el menú de inicio en las cuales podemos interactuar en modo manual, automático e interconectado con un Programador lógico programable (PLC), esto con el fin de dar una mejor presentación y además de dinamizar y ofrecer un producto práctico para el usuario.

### 3.3.2. Control de menú en modo manual

El entorno cuenta con una pantalla de inicio con un menú con 3 opciones en donde tenemos la opción de dar inicio al entorno, la segunda información en donde se detalla acerca cada uno de los modos del entorno y la tercera la de salir de la aplicación, para elegir cualquier opción de esta pantalla inicial lo realizamos mediante el cursor de mouse.



**Figura 3.24** Control del entorno

### 3.3.3. Menú iniciar

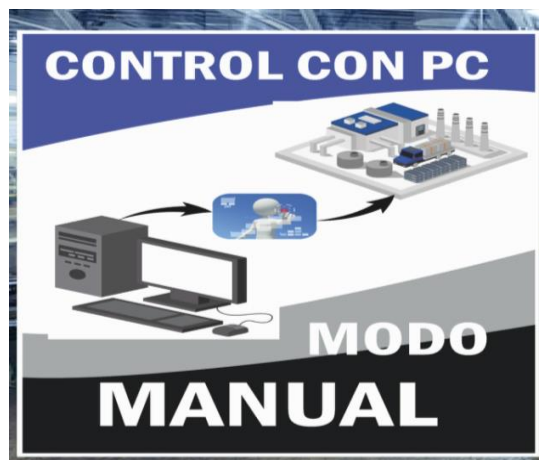
Al momento de presionar la opción inicio procede a desplegarse otro menú en donde se puede visualizar 3 modos distintos para ejecutar el proceso los cuales son modo manual, modo automático y control con PLC S7-1200. Como se detalla en el grafico 3.25



**Figura 3.25** Menú de inicio del entorno virtual

### 3.3.4. Modo manual

En este modo el usuario puede activar los actuadores conforme a la secuencia del proceso dando como inicio la creación de los recipientes seguido de la activación de la banda 1, dosificadora, cilindro de llenado, tapadora, cilindro de tapado, cilindro de pesado o control de calidad y finalmente activando la banda 2 que tiene incorporado una inversión de giro para clasificar el producto bueno y el producto malo.



**Figura 3.26** Modo de control manual

En este modo se manipula los actuadores mediante un tablero de control como se muestra en la figura 3.27



**Figura 3.27** Tablero de control

Otra de las funciones con las cuales consta el modo manual es de desplegar un listado de todos los actuadores que de igual forma si lo marcamos dará funcionamiento al proceso, así como se muestra en la siguiente tabla 3.3

**Tabla 3.3** Listado de actuadores que se activan mediante modo manual

<b>ACTUADORES</b>
Recipientes
Banda 1
Dosificadora
Cilindro de retención (llenado)
Tapadora
Cilindro de retención (tapado)
Cilindro de retención (control de nivel)
Banda 2
Banda 2 (inversión de giro)



## Área de suministro

- Creación de recipientes



**Figura 3.28** Creación de recipientes

## Área de dosificado

- Cilindros de retención
- Dosificadora



**Figura 3.29** Accionamiento de cilindros y dosificadora.

## Área de sellado

- Cilindros de retención
- Tapadora



**Figura 3.30** Accionamiento de cilindro y tapadora.

### Control de nivel

- Cilindro de retención
- Sensor de nivel



**Figura 3.31** Control de nivel de líquido.

### Área de clasificación

- Activación de banda
- Producto apto



**Figura 3.32** Clasificación de productos (producto apto)

### Área de clasificación

- Inversión de giro de la banda
- Producto no apto



**Figura 3.33** Clasificación de productos (producto no apto)

### 3.3.5. Modo automático

En este modo el usuario tiene la posibilidad de ejecutar el proceso definiendo las características que realizarán los actuadores tales como número de recipientes y nivel de líquido para definir estos parámetros tenemos que acercarnos al personaje al panel principal de la máquina y con la ayuda de la PC damos inicio a la ejecución del proceso, en la figura 3.32 se muestra la interfaz del menú de inicio de control en modo automático.



Figura 3.34 Modo automático

### Pantalla Touch

- Asignar nivel de líquido
- Asignar número de recipientes



Figura 3.35 Pantalla Touch para asignar (nivel de líquido y número de recipientes)

### Parte 1 del proceso

- Área de suministro
- Área de dosificado



Figura 3.36 Inicio del proceso automático (área de suministro y dosificado)

### Parte 2 del proceso

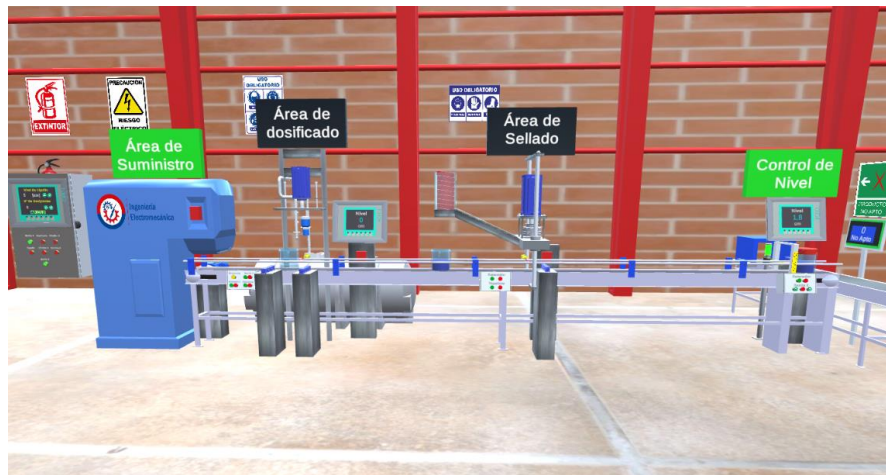
- Área de suministro
- Área de dosificado
- Área de sellado



Figura 3.37 Parte 2 del proceso (área de suministro, dosificado y sellado)

### Parte 3 del proceso

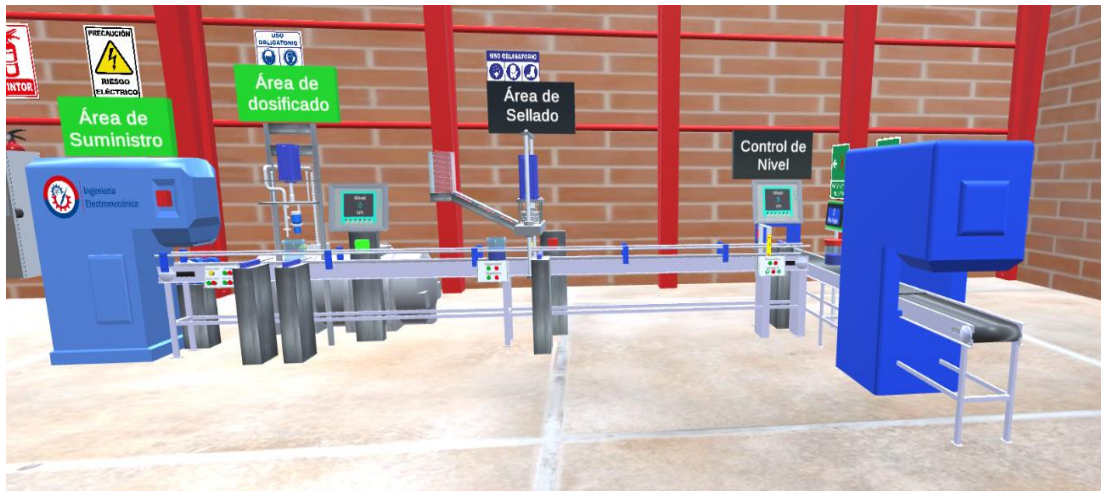
- Área de suministro
- Área de dosificado
- Área de sellado
- Control de nivel



**Figura 3.38** Parte 3 del proceso (área de suministro, dosificado, sellado y control de nivel).

### Parte 4 del proceso

- Área de suministro
- Área de dosificado
- Área de sellado
- Control de nivel
- Clasificación de productos.



**Figura 3.39** Parte 4 del proceso (área de suministro, dosificado, sellado, control de nivel y clasificación de productos).

### 3.3.6. Modo control con PLC

Para este modo utilizaremos una conexión entre un ordenador y el PLC mediante una comunicación TCP/IP para enlazarlos se utiliza un cable ethernet, el control del entorno virtual se lo realizara mediante un tablero con entradas y salidas digitales en el cual se puede manipular los actuadores del entorno como son encendido de la máquina, número de envases, nivel de líquido y paro de emergencia además se puede observar el proceso de la máquina con salidas digitales que están predeterminadas con leds en los cuales se demuestra la activación de cada uno de los sensores mientras la maquina está en ejecución.



**Figura 3.40** Modo de control con PLC

### Proceso 1 de control

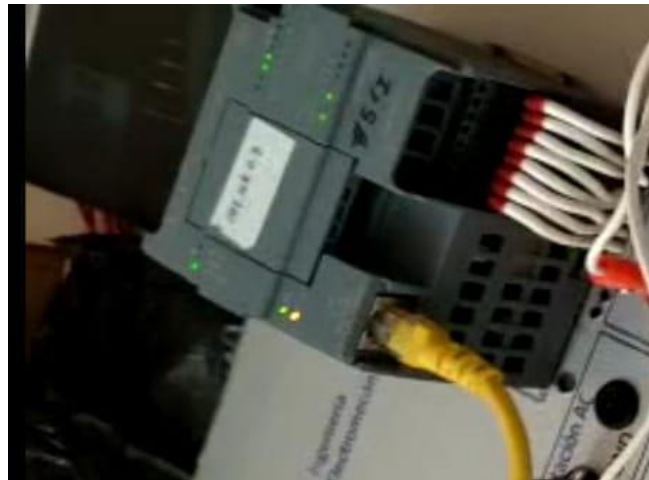
- Colocar la IP del PLC para enlazarlo con el ordenador
- IP (192.168.0.3)



**Figura 3.41** Conexión entre el ordenador y el PLC.

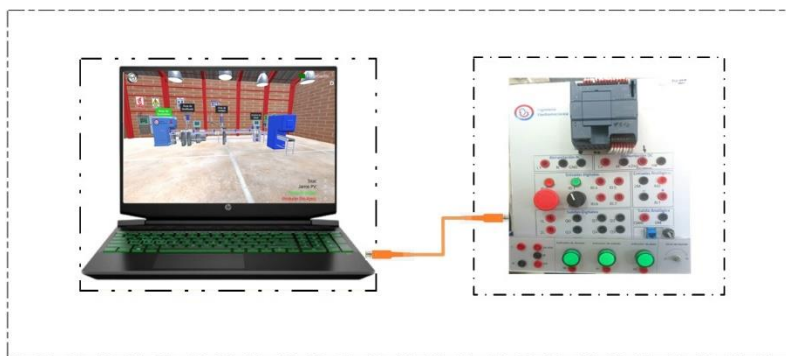
### Proceso 2 del control

- Verificar el funcionamiento del PLC
- Tablero con entradas y salidas digitales



**Figura 3.42** PLC enlazado y en funcionamiento





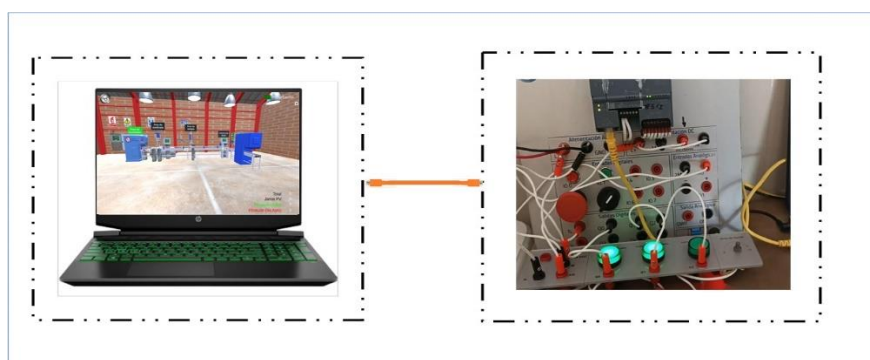
**Figura 3.43** Conexión de ordenador y el PLC con su respectivo tablero de control.

### Proceso 3 de control

- Verificar área de dosificado mediante salida digital Q0 (luz piloto).
- Verificar área de sellado mediante salida digital Q1 (luz piloto).
- Verificar control de calidad salida digital Q2 (luz piloto).



**Figura 3.44** Salida digital Q0 área de dosificado.



**Figura 3.45** Salida digital Q1 área de tapado.



**Figura 3.46** Salida digital Q2 área de control de nivel.

### 3.3.7. Programación en software TIA PORTAL

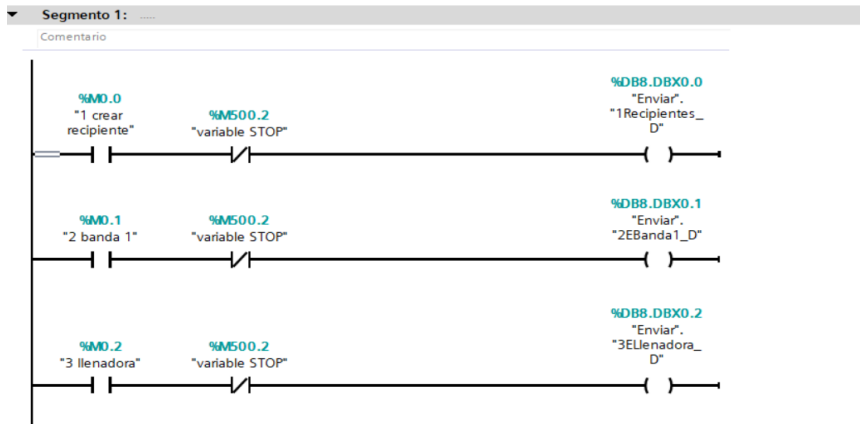
Para la programación del PLC mediante el software TIA PORTAL se utilizó una programación Ladder definiendo nuestras variables a convenir según la lógica que se utilizara para que se ejecute los actuadores y sensores de nuestro entorno.



**Figura 3.47** Tia Portal 14

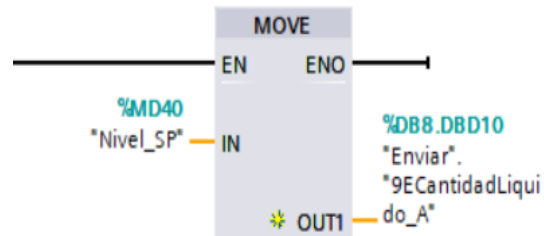
### 3.3.8. Segmento 1 Actuadores Unity

En este segmento asignamos todas las variables de los actuadores que serán utilizadas en el entorno de Unity 3D en este caso son crear recipiente, inicio de bandas, llenar recipientes, tapar recipientes, activación de cilindros de detención y el de apago de proceso.



**Figura 3.48** Programación Ladder segmento 1

Adicional a la asignación de variables en este segmento se ocupó varias funciones move la cual nos ayuda asignar un valor en la entrada que las misma se copiara en la salida en este caso las variables son las de Nivel Sp en la entrada, y a la salida cantidad de líquido.



**Figura 3.49** Asignación de variables en función move

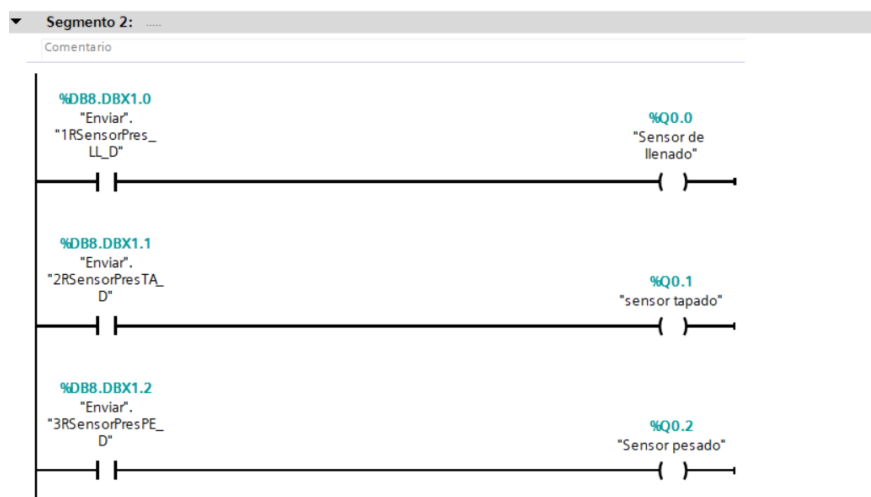
En el entorno virtual podemos observar la activación de los actuadores y la asignación de nivel de líquido que se lo asigna al inicio del proceso.



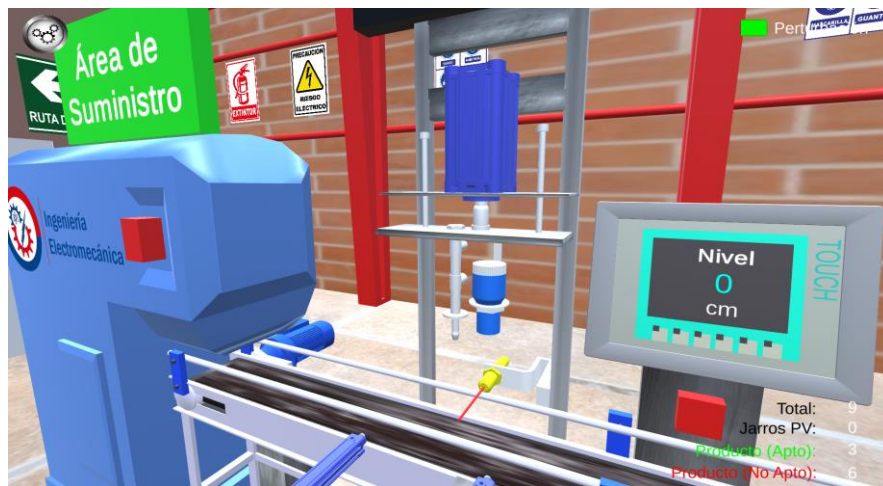
**Figura 3.50** Activación de actuadores segmento 1

### 3.3.9. Segmento 2 Sensores

En este segmento asignamos todos los sensores que serán activados en el entorno en este caso sensores de presencia, sensor de nivel de líquido, sensor de tapado, sensor de pesado, adicional el proceso de programación en secuencia para evitar errores en la ejecución.



**Figura 3.51** Programación Ladder segmento 2



**Figura 3.52** Sensor de presencia

### 3.3.10. Segmento 3 Secuencia Automática

En este segmento asignamos todos los actuadores y sensores que serán activados en el entorno en este saco solo las variables nivel de líquido y numero de recipientes se asignarán previo al inicio del proceso el resto de actuadores y sensores se activarán de manera automática.

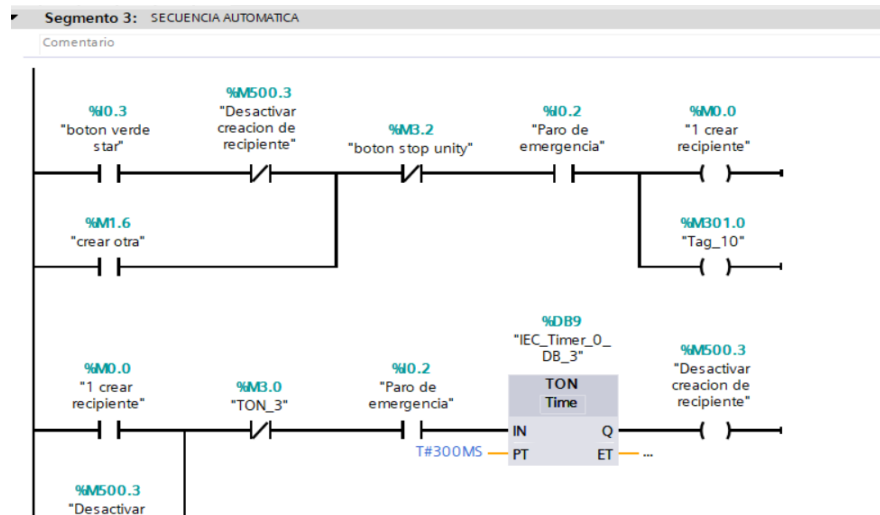


Figura 3.53 Programación Ladder del segmento 3

### 3.3.11. Segmento 4 Definir nivel de líquido con potenciómetro

En este segmento definimos el nivel del líquido por lo cual utilizamos los elementos NORM\_X y SCALE\_X que nos permitirá poner un límite de rango al potenciómetro.

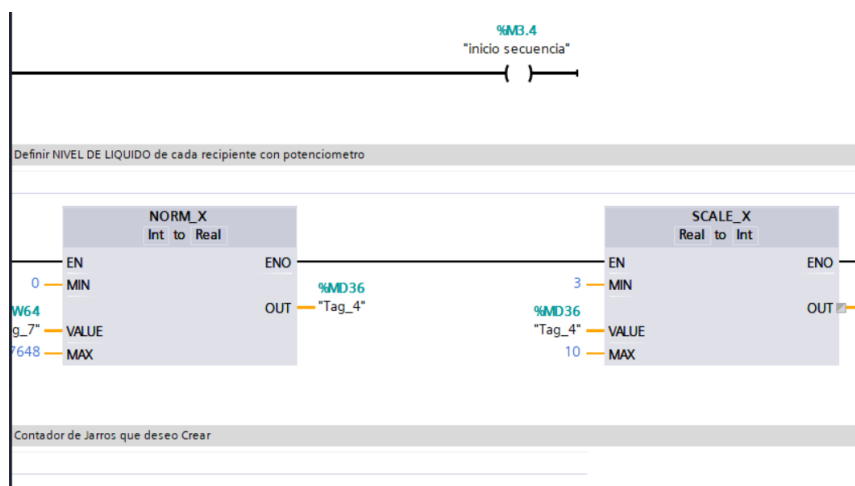


Figura 3.54 Programación Ladder del segmento 4.



Figura 3.55 Nivel de líquido (potenciómetro)

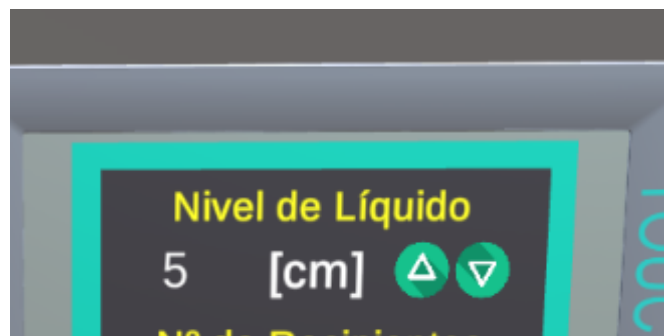


Figura 3.56 Nivel de líquido pantalla touch

### 3.3.12. Segmento 5 Incrementar cantidad de botellas SP

En este segmento definimos el número de recipientes que se procesaran para lo cual se utiliza un CTU para contar los envases antes mencionados.

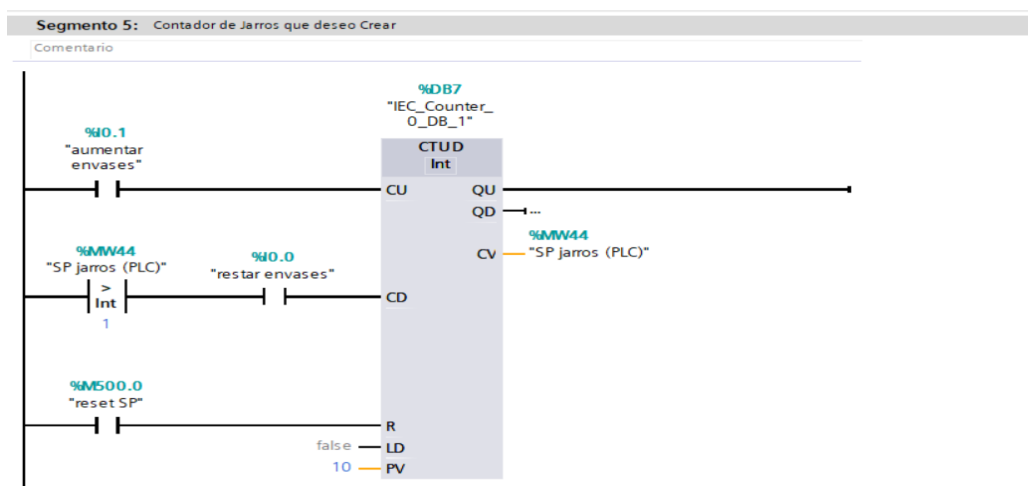


Figura 3.57 Programación Ladder segmento 5

### 3.4. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA

#### 3.4.1. Presupuesto

El proyecto propuesto de desarrollo de un entorno virtual de llenado y sellado de botellas tiene una orientación de bajo costo, sin embargo, cabe la posibilidad que exista otro investigador complemente el desarrollo de una manera más profunda y se eleve su costo.

A continuación, en la tabla 3.3 se describe los costos detallados.

**Tabla 3.4** Elementos del desarrollo del entorno virtual

<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Costo \$</b>
1	PLC S7-1200	400.00
3	Luces piloto	3.00
6	cable #18	4.80
1	Cable ethernet	2.00
10	puntas de banana	6.00
1	fusible	2.50
1	Potenciómetro	0.50
1	Televisor 40''	300.00
TOTAL		718.30

#### 3.4.2. Costos directos e indirectos

El valor total de los materiales utilizados para el desarrollo del entorno virtual es de \$718,30 dólares americanos.

Para determinar la mano de obra se toma en cuenta el siguiente parámetro:

El salario básico del Ecuador es de \$425 dólares americanos según esto se realizan el siguiente calculo.

**#horas = 8 horas diarias**

**# horas mensuales = 8 horas diarias \* 20 dias**

**#horas mensuales = 160**

$$\text{costo por hora} = \frac{425}{160} = 2,65 \text{ la hora}$$

**Tabla 3.5** Mano de obra (costos indirectos)

<b>Costos indirectos</b>			
<b>Horas de trabajo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
120	Diseño del entorno	2.50	300.00
80	Programación de software	2.50	200.00
40	Programación PLC	2.50	100.00
40	Pruebas de funcionamiento	2.50	100.00
Total			700.00

**Tabla 3.6** Costos directos

<b>Gastos directos</b>	<b>Costo \$</b>
Elementos	718.30
Total	718.30

### **3.4.3. Análisis de impacto**

El desarrollo de un entorno virtual de llenado y sellado de botellas, está enfocada en dos impactos, tecnológica y social.

### **3.4.4. Impacto tecnológico**

El motor gráfico Unity 3D es un software que en los últimos años se ha vuelto muy popular para el desarrollo de entornos virtuales para simular procesos industriales, por lo tanto, nos permite la simulación y la automatización asemejándose a la vida real.



### **3.4.5. Impacto Social**

La comunidad universitaria se ve beneficiada con este tipo de entornos ya que permite la simulación de procesos industriales en los cuales se puede controlar el proceso mediante un tablero controlador lógico programable ayudando a la sociedad a instruirse en lo que refiere a automatización.

## **4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- El desarrollo de un entorno virtual 3D permite al usuario una experiencia semejante a la realidad de un proceso industrial en donde se incluye la automatización por lotes, al tener un menú de opciones hace que el entorno sea muy didáctico por tener tres distintos modos de ejecución como son modo manual, automático y control mediante un PLC lo cual genera destrezas de aprendizaje a un bajo costo.
- El motor gráfico Unity 3D es un software libre el cual posee una gran variedad de opciones que permiten el desarrollo de entornos de realidad virtual, en el cual se puede simular un proceso industrial con todos los materiales e instrumentos implementados en tiempo real además de la comunicación con un controlador lógico programable (PLC) sin el riesgo de pérdida de información.
- La comunicación es importante realizarla mediante el protocolo Sharp 7, el cual permite enlazar los softwares en simultaneo permitiendo mostrar el proceso de llenado y sellado de botellas de una manera óptima al usuario.
- Las pruebas de validación se las realiza mediante el uso de un controlador de lógico programable PLC S7-1200 en el cual se muestra las distintas etapas del proceso mediante salidas digitales (luz piloto), en donde estas luces se encienden cuando un actuador entra en acción.
- El nivel de detalle que permite el motor gráfico Unity 3D hace que el usuario tenga una mejor experiencia y se pueda familiarizar con los distintos tipos de instrumentos industriales que posee es entorno de realidad virtual.

### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para el diseño de un proceso de llenado y sellado de botellas se debe investigar el funcionamiento de cada una de las etapas para poder implementar el lenguaje de programación.
- Para el desarrollo de un entorno virtual de este tipo es necesario tener un ordenador de buenas características debido a que el motor gráfico Unity 3D consume muchos recursos tanto en la tarjeta gráfica como del procesador, sin mencionar que el software Tia Portal es otro programa que necesitara del buen rendimiento del computador.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] G. A. F. J. Rosero B, «Enfoque Hardware In The Loop Simulation para prácticas en control de procesos industriales,» Pamplona, 2020.
- [2] T. F. Aimacaña E, «Diseño e implementación del control de un generador síncrono utilizando la técnica hardware in the loop,» Guayaquil, 2019.
- [3] C. J. Aguilar I, «Diseño e implementación de un sistema didáctico para el desarrollo de prácticas de automatización, mediante la tecnica Hardware in The Loop en el laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos.,» Latacunga , 2020.
- [4] A. S., «Entorno virtual 3D de una planta de nivel, mediante la técnica Hardware-In-the-Loop, para el control avanzado de procesos,» Latacunga, 2021.
- [5] I. P., «Desarrollo de un entorno virtual 3D que simule un proceso industrial de nivel, orientado,» latacunga, 2021.
- [6] T. F. Intriago J, «Desarrollo de un entorno virtual 3D para el control de nivel de agua,» Latacunga, 2021.
- [7] B. B., «Implementación de un sistema HIL (Hardware In The Loop) para el control de nivel,» Latacunga, 2021.
- [8] H. G. Flores L, «Diseño de Hardware In the Loop para control de flujo,» Latacunga, 2021.
- [9] P. J. Gutierrez K, «3D Virtual Training System for a Bioreactor Using Hardware-In-the-Loop,» Latacunga, 2022.
- [10] L. F., «Entorno de realidad virtual 3D que simule un proceso batch mediante "Hardware In The Loop", orientado al entrenamiento de PLC en los laboratorios de Automatización y Control de la Universidad Técnica de Cotopaxi,» Latacunga , 2021.
- [11] L. Diego, «¿Qué es la realidad virtual ?,» Argentina, 2006.
- [12] D. Z., «La realidad virtual como recurso y,» Madrid , 2019.
- [13] J. A. Juan M, «Implementación de controladores en sistemas retroalimentados usando electrónica embebida y simulación Hardware In the Loop,» Pereira, 2013.
- [14] J. L. Carlos R, Diseño mecánico con SolidWorks 2015, Ra Ma, 2014.

- [15] A. P., «Desenvolvimento de Jogos com Unity,» Rio de Janeiro, 2009.
- [16] J. C., Microsoft C# curso de programacion, Ra Ma, 2018.
- [17] «Microsoft Visual Studio,» 1 12 2017. [En línea]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com/es/>. [Último acceso: 10 08 2022].
- [18] G. H., «Protocolos y Modelo OSI,» 2018.
- [19] «Sharp 7 Reference Manual».
- [20] E. P., «Diseño y montaje de un entrenador con el controlador lógico Programable Plc s7-1200 de Siemens,» Bucaramanga, 2008.
- [21] «Unity,» 10 10 2021. [En línea]. Available: [https://unity.com/pages/unity-pro-buy-now?ds\\_rl=1295837&ds\\_rl=1295837&gclid=Cj0KCQjwrs2XBhDjARIsAHVymmRmhvYOqVnXCI\\_YHOM61NMdPfACaL3Ps6Xkj4fAIIWjwEpmumEQmvwaAoZAEALw\\_wcB&gclidsrc=aw.ds](https://unity.com/pages/unity-pro-buy-now?ds_rl=1295837&ds_rl=1295837&gclid=Cj0KCQjwrs2XBhDjARIsAHVymmRmhvYOqVnXCI_YHOM61NMdPfACaL3Ps6Xkj4fAIIWjwEpmumEQmvwaAoZAEALw_wcB&gclidsrc=aw.ds). [Último acceso: 10 08 2022].

## Document Information

Analyzed document	TESIS FINALIZADA .pdf (D143408313)
Submitted	2022-08-30 21:21:00
Submitted by	
Submitter email	luigi.freire@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	luigi.freire.utc@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Proyecto Titulación Luggi Freire.pdf</b> Document Proyecto Titulación Luggi Freire.pdf (D121334772)	 <b>6</b>
<b>SA</b>	<b>Proyecto de Titulación Aguilar Correa.pdf</b> Document Proyecto de Titulación Aguilar Correa.pdf (D81651169)	 <b>19</b>
<b>SA</b>	<b>Tesis_Lema_N_Vasquez_A.pdf</b> Document Tesis_Lema_N_Vasquez_A.pdf (D97800742)	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>Proyecto de titulación Silvia Alpúsig.pdf</b> Document Proyecto de titulación Silvia Alpúsig.pdf (D110292478)	 <b>1</b>

## Entire Document

i CENTRO DE IDIOMAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - CARRERA DE ELECTROMECÁNICA 2 INFORMACIÓN GENERAL Título:

**58%**

**MATCHING BLOCK 1/27**

**SA**

Proyecto Titulación Luggi Freire.pdf (D121334772)

Desarrollo de un entorno virtual 3D de un proceso batch de llenado y sellado de botellas mediante Hardware In the Loop.

Fecha de inicio: Abril de 2022 Fecha de finalización: Septiembre 2022 Lugar de ejecución: Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Parroquia San Felipe, Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad que auspicia: Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica Proyecto de investigación vinculado: Proyecto formativo, Industria 4.0 Tipo de proyecto: Propuesta Tecnológica Equipo de Trabajo: Tutor Nombres: Luigi Orlando Apellidos: Freire Martínez Email: luigi.freire@utc.edu.ec Cedula: 0502529589 Ponente 1 Nombres: Dennis Cristhian Apellidos: Andi Aguinda Email: dennis.andi8718@utc.edu.ec Cedula: 2200268718 Ponente 2 Nombres: Alex Fabricio Apellidos: Villacis Chuquiana Email: alex.villacis7307@utc.edu.ec Cedula: 1804437307

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - CARRERA DE ELECTROMECÁNICA 3 Área de Conocimiento: 07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales afines / 0714 Electrónica y automatización. Línea de investigación: Procesos Industriales Sublíneas de investigación de la Carrera: Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI - CARRERA DE ELECTROMECÁNICA 4 1. INTRODUCCIÓN 1.1.RESUMEN TITULO:  
"


## ANEXOS

Anexo	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>	
<b>PRÁCTICA DE LABORATORIO</b>		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	SISTEMA DE EMBASADO Y SELLADO POR HIL	3

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar el uso de entorno de realidad virtual mediante el uso del motor gráfico Unity 3D, para el control de procesos industrial de embasado y sellado de botellas</li><li>• Realizar el control de las diferentes etapas mediante el uso del PLC S7 1200</li></ul>

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p><b>2.2. INTRODUCCIÓN</b></p> <p><b>2.2.1. Unity 3D</b></p> <p>Unity es una herramienta de gráficos múltiple 2D y 3D, que cambia la industria de los videojuegos, además se puedes desarrollar entornos de realidad virtual semejantes a la industria.</p> <div style="text-align: center;"></div> <p style="text-align: center;">Figura 1 icono de Unity</p>

## PROCESOS BATCH

El procesamiento por lotes es el proceso mediante el cual las computadoras realizan conjuntos de trabajo, a menudo simultáneamente, en orden secuencial y sin parar. También es algo que garantiza que los trabajos grandes se cuenten en partes pequeñas, para mejorar la eficiencia durante la depuración. Actualmente, el procesamiento por lotes utiliza alertas de administración basadas en excepciones para notificar a las personas adecuadas cuando algo sale mal. Esto permite a los administradores trabajar sin tener que monitorear constantemente el progreso de los lotes. La idea es que los controladores no necesitan registrarse a menos que se les avise de una excepción crítica.

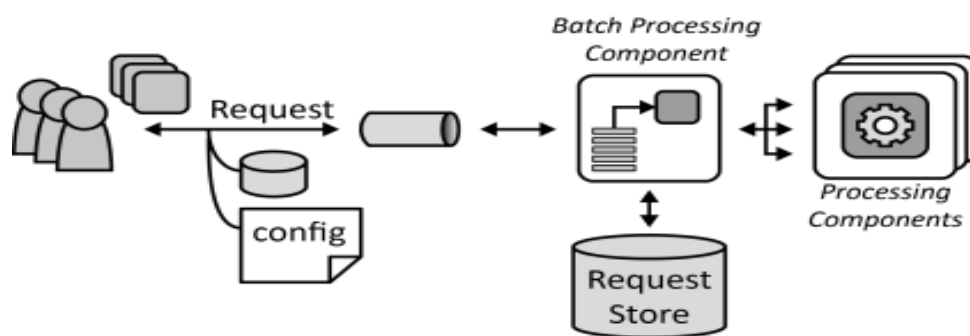


Figura 2 Diagrama de proceso batch

## PLC SIEMENS S7-1200

PLC Siemens ofrece soluciones a través de una amplia gama de dispositivos enfocados en tareas específicas programadas. La automatización industrial da un nuevo giro y se vuelve operativa gracias a estos controladores lógicos programables.



Figura 3 Módulos de control Siemens

## 2.3. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- PLC S7-1200
- Tablero de control
- Cables con punta de banana
- Luces piloto
- Cable ethernet
- Laptop
- Potenciómetro

### 2.3.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Revisar que todos los materiales se encuentren correctamente conectados para no ocasionar ningún incidente dentro del laboratorio.
- Utilizar los equipos de protección personal.

## 2.4. TRABAJO PREPARATORIO

- En el presente proyecto se diseñó un entorno de realidad virtual de llenado y sellado de botellas en el motor gráfico Unity 3D.
- La práctica consiste en simular el entorno de realidad virtual de llenado y sellado de botellas. Donde el entorno dispone de un menú con tres tipos control manual, automático y control con PLC, en el cual se comprobará su funcionamiento.

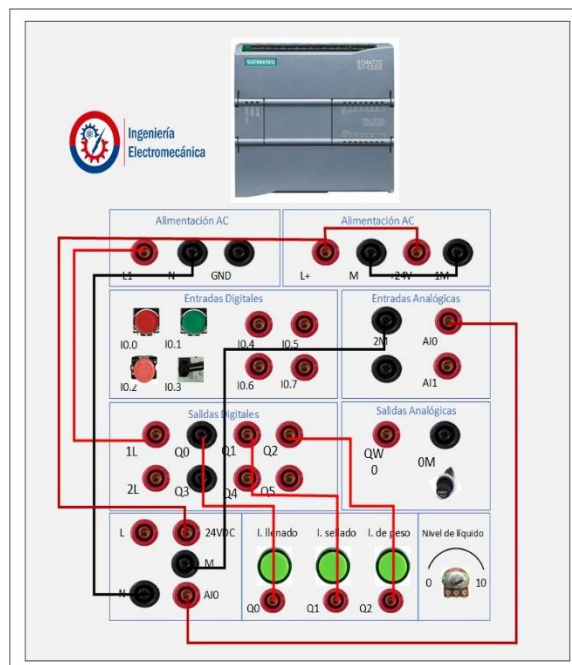


Figura 4 conexiones de tablero de control

## 2.5. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

1. Realizar las conexiones en el tablero de control.
  - Revisar la figura 4.
2. Conectar el Plc S7-1200 mediante un cable ethernet.
3. Abrir Tia Portal 14.
4. Cargar la programación de Tia portal al PLC.

### *Proceso para cargar programación al PLC*

- Abrir el proyecto con el nombre tesis llenado y sellado de botellas.



Figura 5 Abrir proyecto

- Dar clic en la pestaña configuración de dispositivo

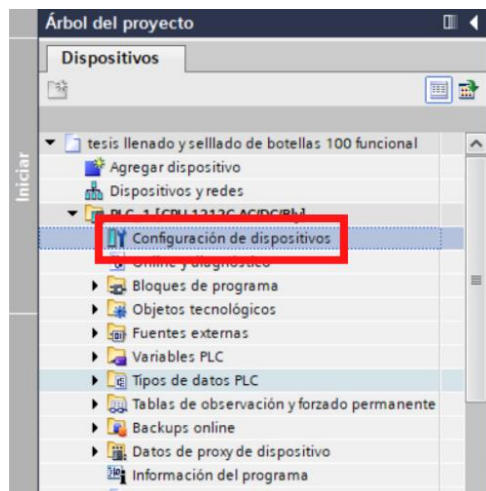


Figura 6 configuración de dispositivo

- Clic en la pestaña online y seleccionar la opción carga avanzada de dispositivo.



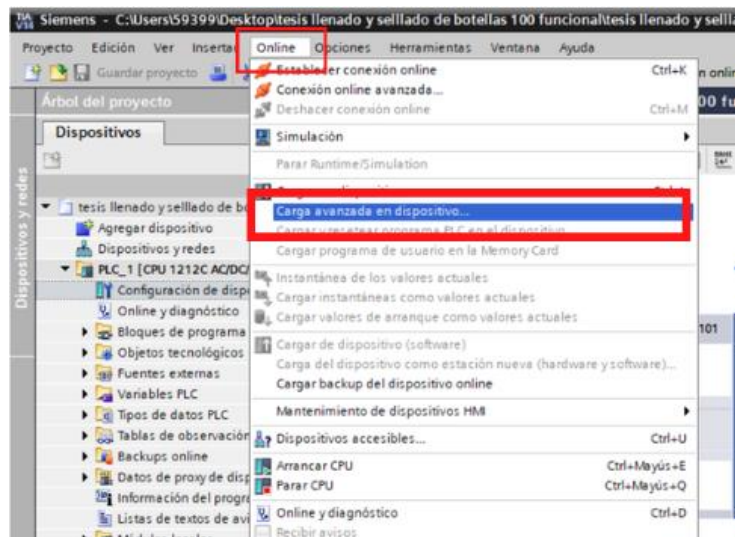


Figura 7 carga avanzada del dispositivo

- Clic en la opción iniciar búsqueda, además cerciorarse que tipo de interfaz PG/PC se encuentre en la opción PN/IE e interfaz PG/PC en la opción realtek Pcle GbE Family controller.

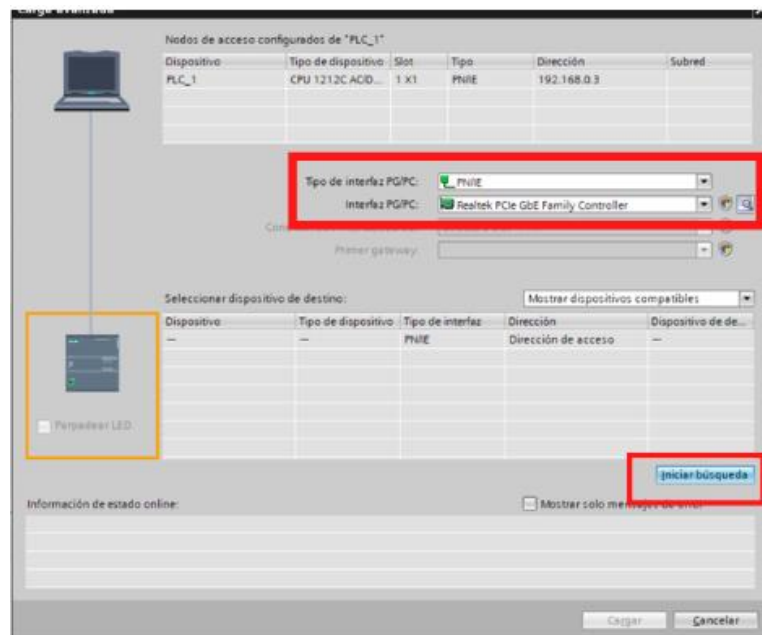


Figura 8 iniciar búsqueda

- Una vez iniciada la búsqueda Tia portal reconocerá el PLC y procedemos a dar clic en cargar.

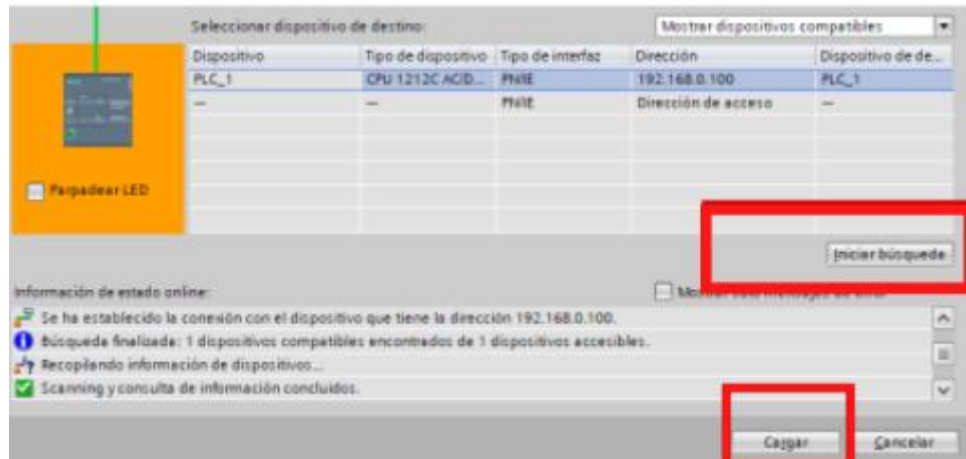


Figura 8 cargar dispositivo

- Finalmente, los datos estarán cargados y procedemos a pulsar finalizar.

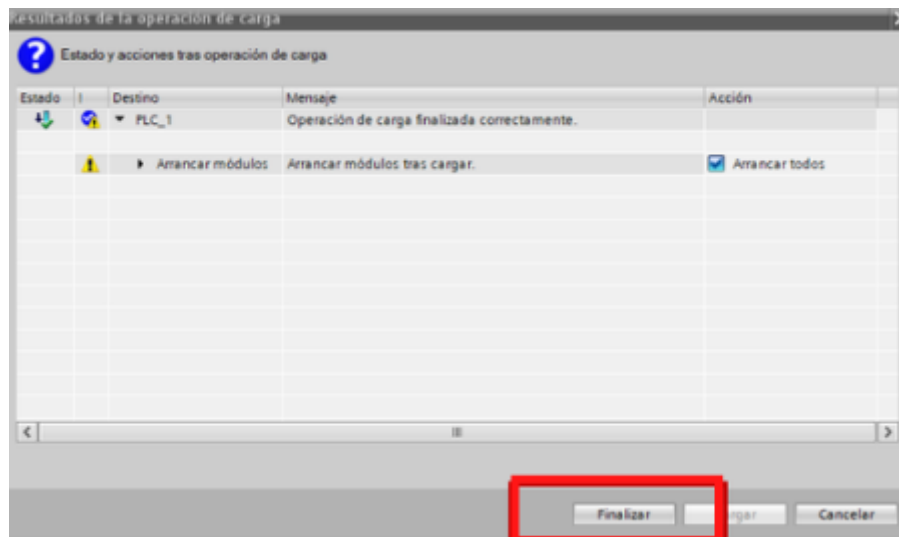


Figura 9 finalizar carga

5. Ingresar al ejecutable de Unity 3D modo control con PLC.

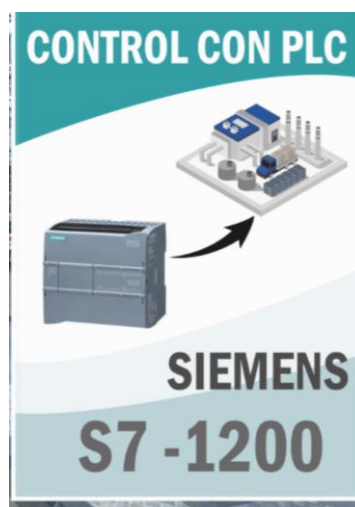


Figura 10 menú modo control con PLC

6. Colocar la IP del PLC y establecer conexión.

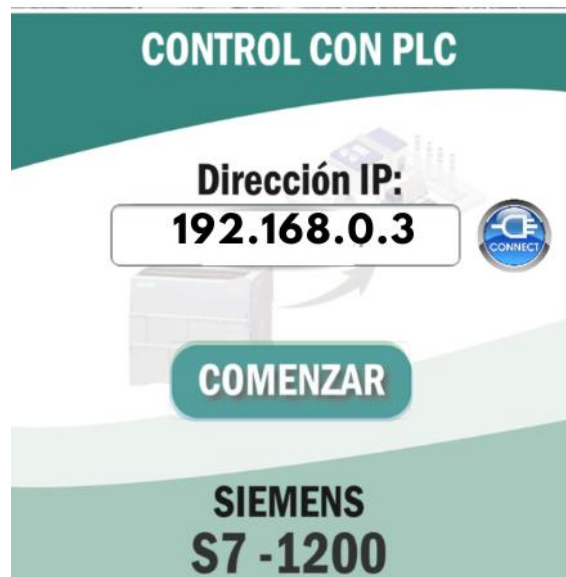


Figura 11 IP del PLC

7. Comprobar el funcionamiento del entorno.

- Aumentar número de envases.
- Incrementar o disminuir nivel de líquido (potenciómetro)
- Visualizar ejecución de las etapas mediante luces piloto.

### 3 CONCLUSIONES

- Con el uso de entornos virtuales se puede realizar simulaciones en tiempo real de un proceso industrial y eso ayuda mucho porque no se puede implementar una planta real por los altos costos de adquisición de materiales.
- Se puede ver cómo funciona un sistema HIL.
- Se pudo verificar el funcionamiento de los 3 modos de funcionamiento (manual, Automático y mediante Plc) se pudo manipular cada uno de ellos haciendo funcionar cada etapa mencionada para esta práctica.
- También se puede entender mediante esta práctica lo que es un proceso batch o procesos por lotes gracias a la manipulación de estos entornos virtuales que ayudan a los estudiantes al aprendizaje de procesos de control industrial.

### 4 RECOMENDACIONES

- Para la práctica es necesario ocupar los implementos de seguridad para evitar accidentes.

- Se debe seguir todos los pasos al momento de realizar la comunicación entre el entorno virtual y el PLC para tener un enlace exitoso.
- Al momento de realizar las conexiones es necesario verificar que este alimentado correctamente el Plc con 110v para evitar quemar el tablero de manipulación.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]

J. Gomar. "Proceso batch o por lotes". Profesional Review.

<https://www.profesionalreview.com/2018/11/25/que-es-el-procesamiento-batch/> (accedido el 21 de agosto de 2022).

[2]

T. Gasco. "Unity". Geekno. <https://www.geekno.com/glosario/unity> (accedido el 21 de agosto de 2022).

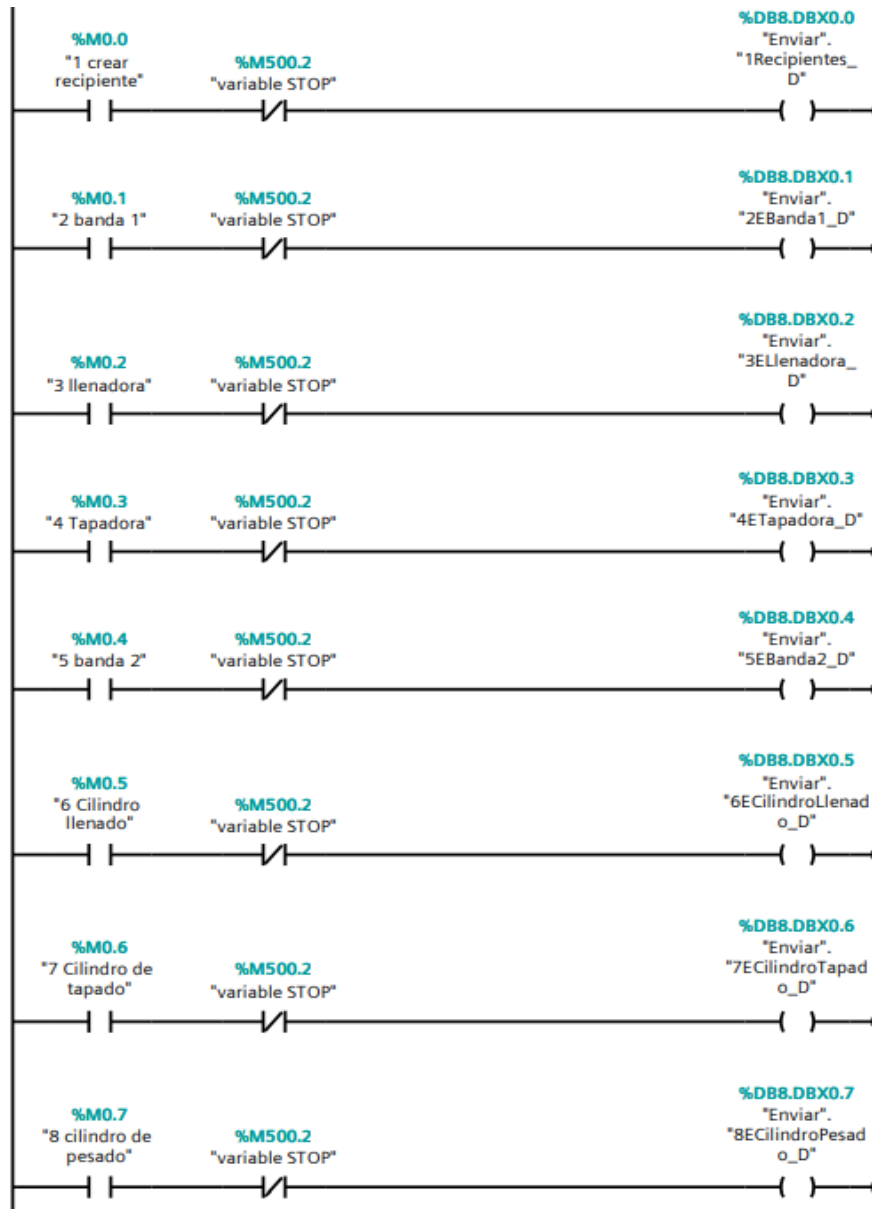
## ANEXOS

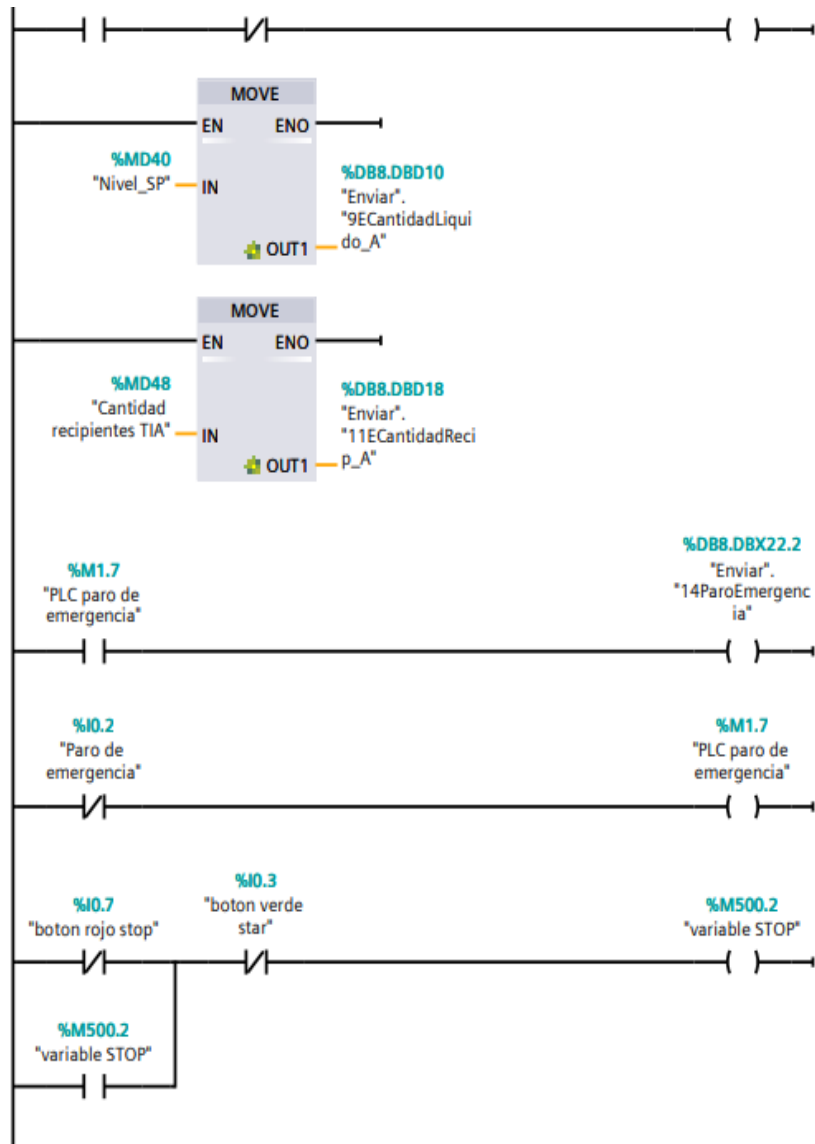


PROCESO DE LLENADO Y SELLADO MEDIANTE LA TÉCNICA HIL

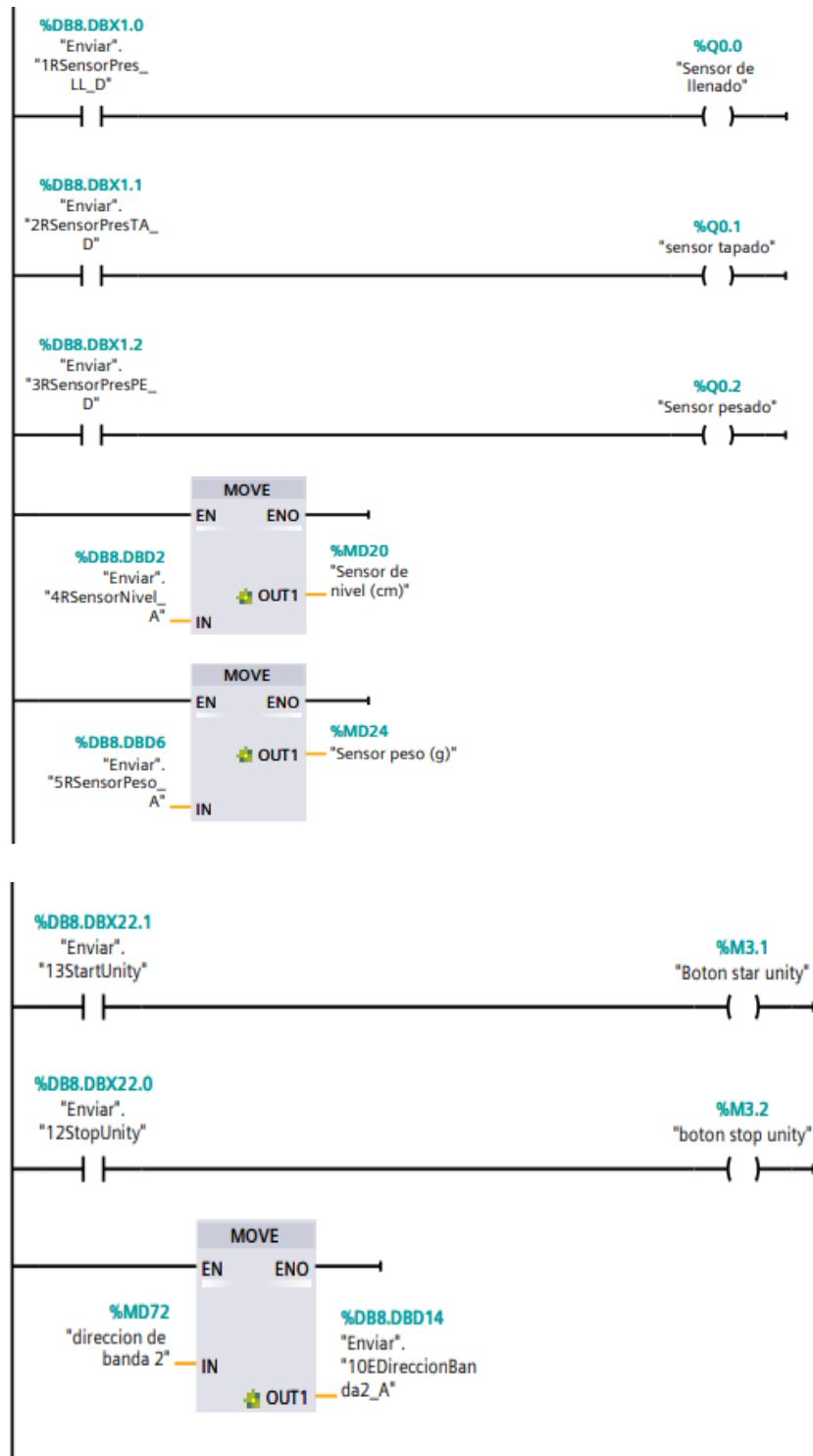


## SEGMENTO 1



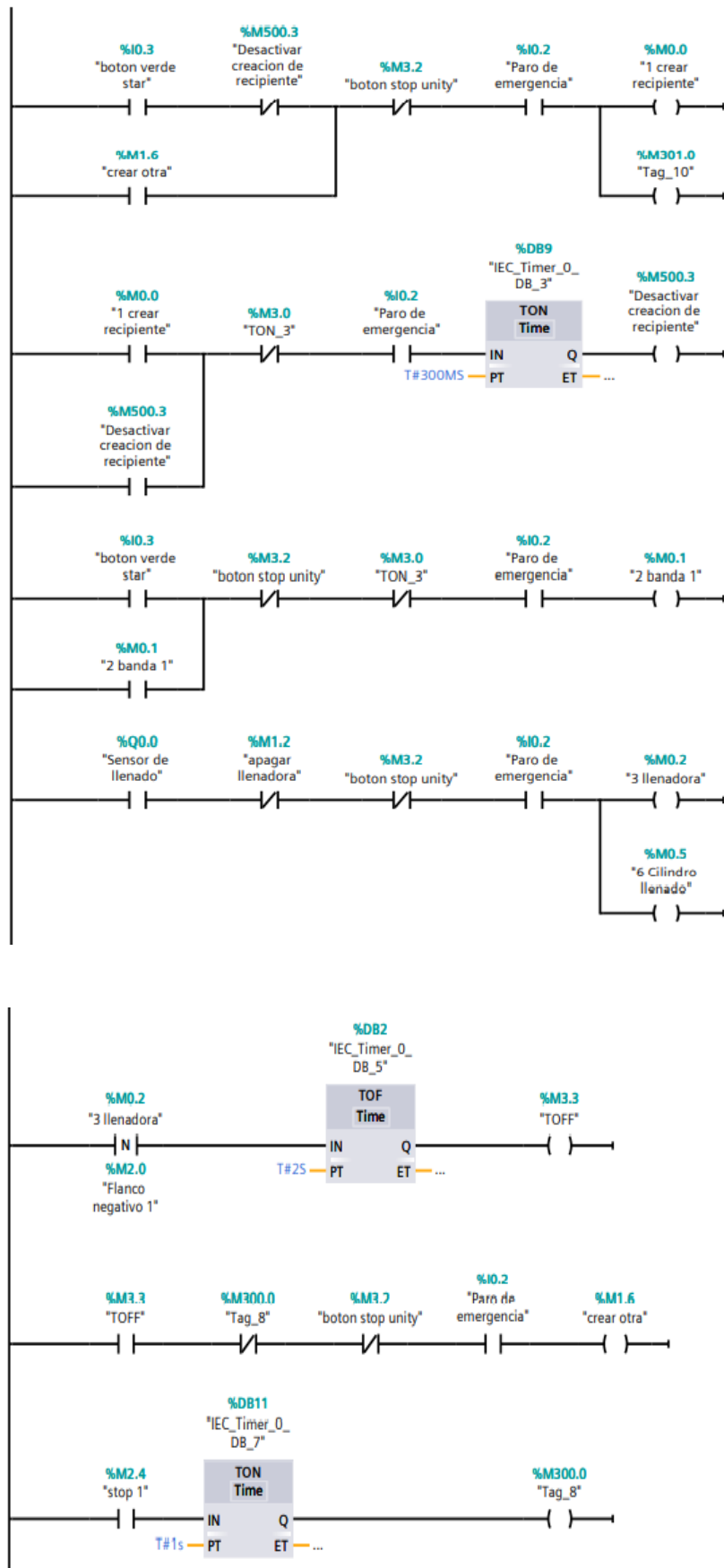


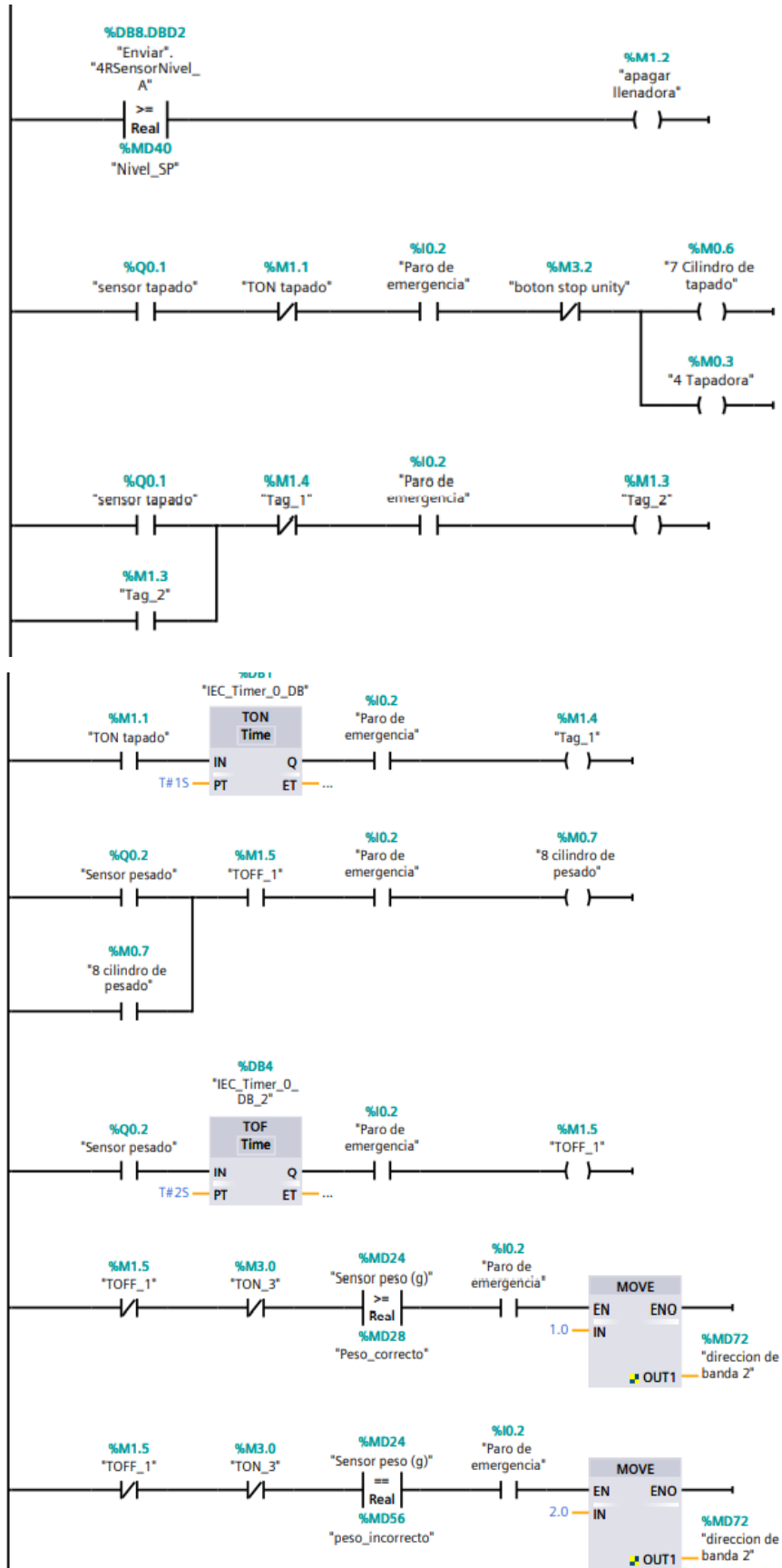
## SEGMENTO 2

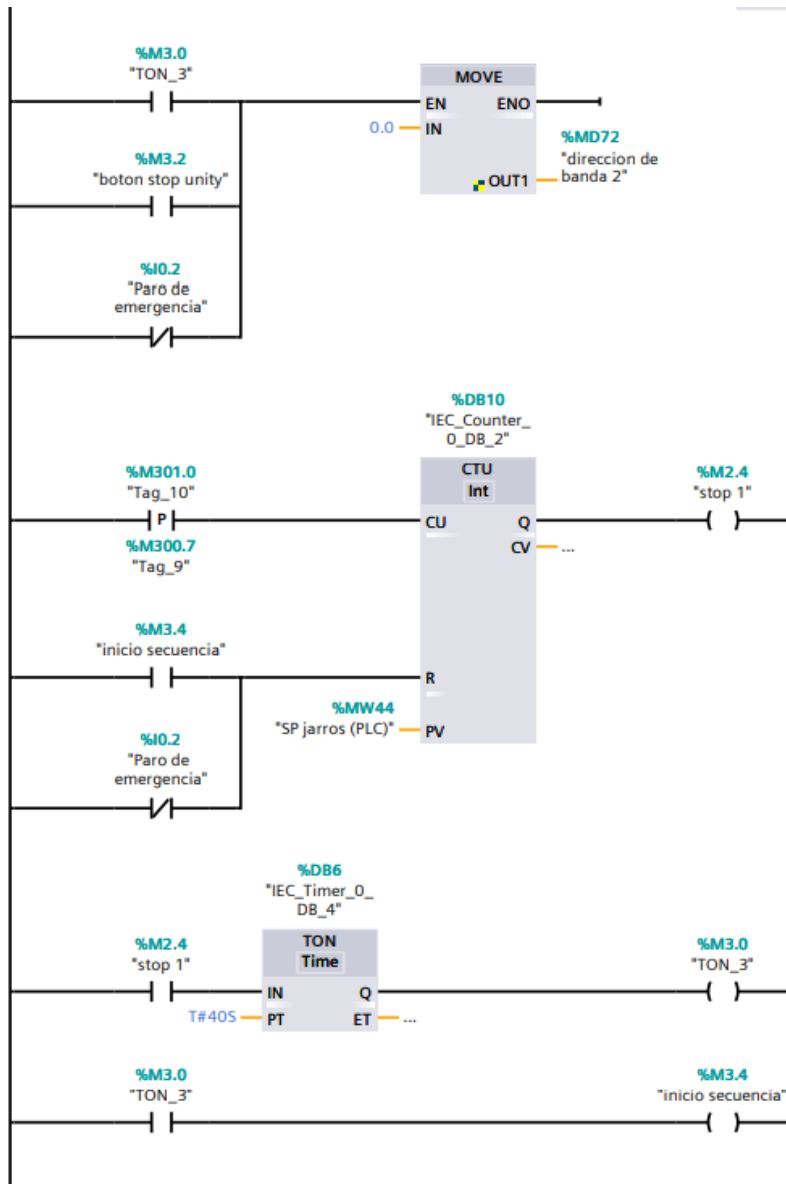




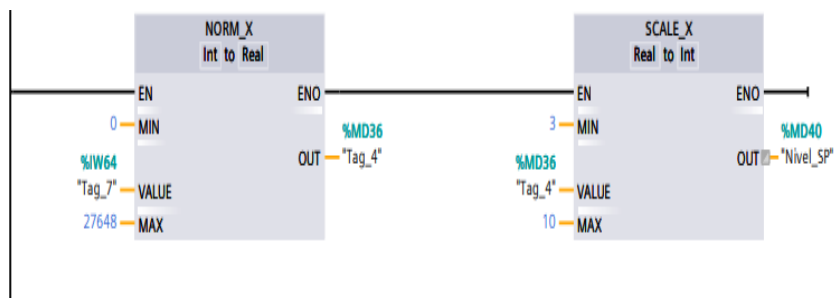
### SEGMENTO 3



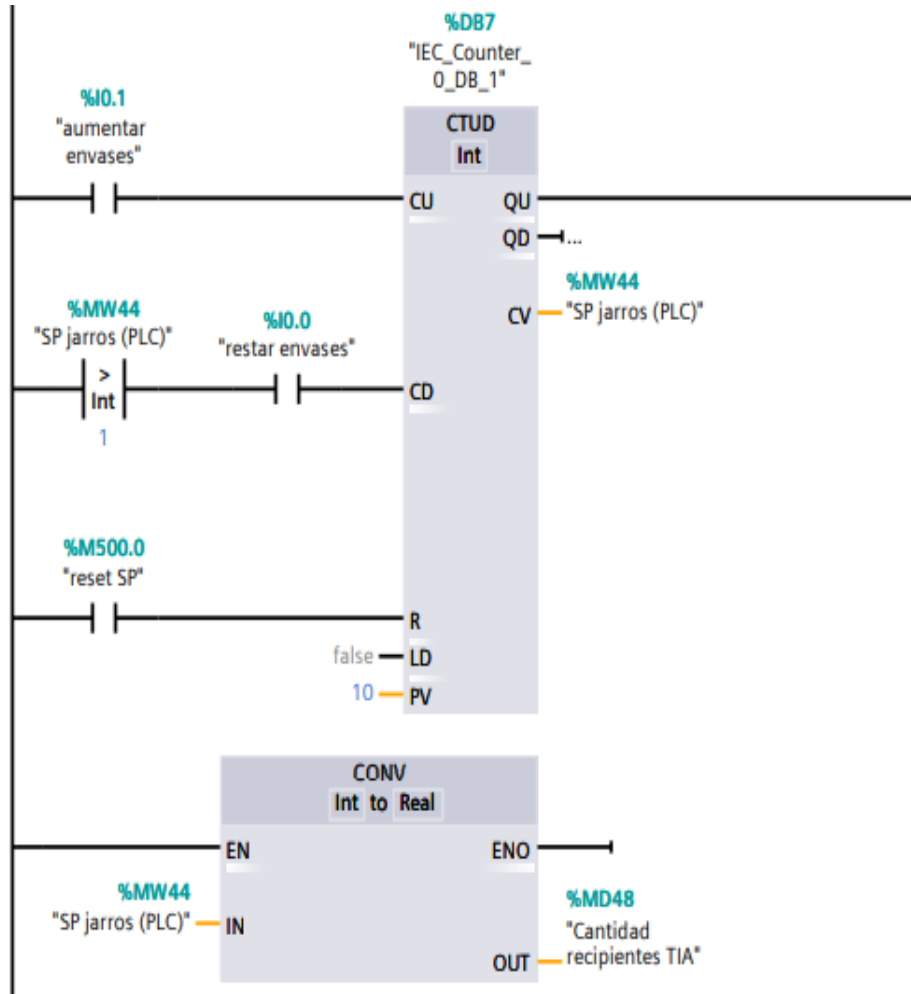




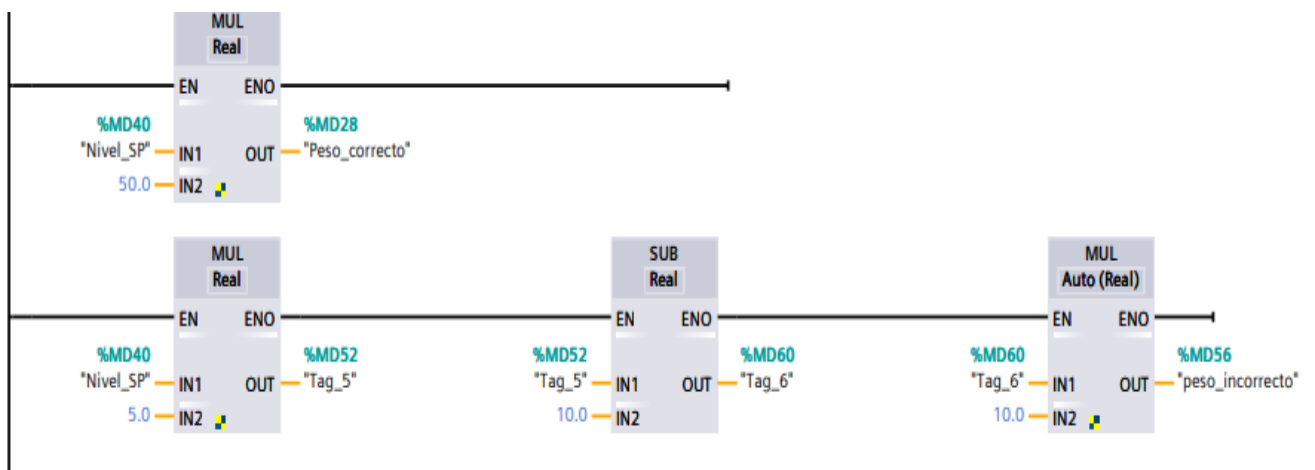
## SEGMENTO 4





















































## SEGMENTO 5



## SEGMENTO 6



## VARIABLES PLC

Variables PLC							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA	Escribible desde HMI/OPC UA	Visible en HMI Engineering
	1 crear recipiente	Bool	%M0.0	False	True	True	True
	variable STOP	Bool	%M500.2	False	True	True	True
	2 banda 1	Bool	%M0.1	False	True	True	True
	3 llenadora	Bool	%M0.2	False	True	True	True
	4 Tapadora	Bool	%M0.3	False	True	True	True
	5 banda 2	Bool	%M0.4	False	True	True	True
	6 Cilindro llenado	Bool	%M0.5	False	True	True	True
	7 Cilindro de tapado	Bool	%M0.6	False	True	True	True
	8 cilindro de pesado	Bool	%M0.7	False	True	True	True
	Nivel_SP	Real	%MD40	False	True	True	True
	Cantidad recipientes TIA	Real	%MD48	False	True	True	True
	PLC paro de emergencia	Bool	%M1.7	False	True	True	True
	Paro de emergencia	Bool	%I0.2	False	True	True	True
	boton rojo stop	Bool	%I0.7	False	True	True	True
	boton verde star	Bool	%I0.3	False	True	True	True
	Sensor de llenado	Bool	%Q0.0	False	True	True	True
	sensor tapado	Bool	%Q0.1	False	True	True	True
	Sensor pesado	Bool	%Q0.2	False	True	True	True
	Sensor de nivel (cm)	Real	%MD20	False	True	True	True
	Sensor peso (g)	Real	%MD24	False	True	True	True
	Boton star unity	Bool	%M3.1	False	True	True	True
	boton stop unity	Bool	%M3.2	False	True	True	True
	direccion de banda 2	Real	%MD72	False	True	True	True
	Desactivar creacion de recipiente	Bool	%M500.3	False	True	True	True
	crear otra	Bool	%M1.6	False	True	True	True
	TON_3	Bool	%M3.0	False	True	True	True
	apagar llenadora	Bool	%M1.2	False	True	True	True
	TOFF	Bool	%M3.3	False	True	True	True
	Flanco negativo 1	Bool	%M2.0	False	True	True	True
	stop 1	Bool	%M2.4	False	True	True	True
	TON tapado	Bool	%M1.1	False	True	True	True
	Tag_1	Bool	%M1.4	False	True	True	True
	Tag_2	Bool	%M1.3	False	True	True	True
	TOFF_1	Bool	%M1.5	False	True	True	True
	Peso_correcto	Real	%MD28	False	True	True	True
	peso_incorrecto	Real	%MD56	False	True	True	True
	Tag_3	Bool	%M2.7	False	True	True	True
	inicio secuencia	Bool	%M3.4	False	True	True	True
	SP jarros (PLC)	Int	%MW44	False	True	True	True
	AJO potenciometro	Int	%IW54	False	True	True	True
	Tag_4	Real	%MD36	False	True	True	True
	aumentar envases	Bool	%I0.1	False	True	True	True
	restar envases	Bool	%I0.0	False	True	True	True
	reset SP	Bool	%M500.0	False	True	True	True
	Tag_5	Real	%MD52	False	True	True	True
	Tag_6	Real	%MD60	False	True	True	True
	Tag_7	Int	%IW64	False	True	True	True
	Tag_8	Real	%M300.0	False	True	True	True
	Tag_9	Bool	%M300.7	False	True	True	True
	Tag_10	Bool	%M301.0	False	True	True	True

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanen- cia	Accesible desde HMI/OPC UA	Es- crib- ible desd e HMI/ OPC UA	Visible en HMI Engi- neering	Valor de ajuste	Supervi- sión	Comentario
▼ Static										
1Recipientes_D	Bool	0.0	false	False	True	True	True	False		
2EBanda1_D	Bool	0.1	false	False	True	True	True	False		
3ELlenadora_D	Bool	0.2	false	False	True	True	True	False		
4ETapadora_D	Bool	0.3	false	False	True	True	True	False		
5EBanda2_D	Bool	0.4	false	False	True	True	True	False		
6ECilindroLlenado_D	Bool	0.5	false	False	True	True	True	False		
7ECilindroTapado_D	Bool	0.6	false	False	True	True	True	False		
8ECilindroPesado_D	Bool	0.7	false	False	True	True	True	False		
1RSensorPres_LL_D	Bool	1.0	false	False	True	True	True	False		
2RSensorPresTA_D	Bool	1.1	false	False	True	True	True	False		
3RSensorPresPE_D	Bool	1.2	false	False	True	True	True	False		
4RSensorNivel_A	Real	2.0	0.0	False	True	True	True	False		
5RSensorPeso_A	Real	6.0	0.0	False	True	True	True	False		
9ECantidadLiquido_A	Real	10.0	0.0	False	True	True	True	False		
10EDireccionBanda2_A	Real	14.0	0.0	False	True	True	True	False		
11ECantidadRecip_A	Real	18.0	0.0	False	True	True	True	False		
12StopUnity	Bool	22.0	false	False	True	True	True	False		
13StartUnity	Bool	22.1	false	False	True	True	True	False		
14ParoEmergencia	Bool	22.2	false	False	True	True	True	False		