

**CURSO TEÓRICO PRÁCTICO DE GRAFCET**

Brayan Fernel Tarazona Jaimes y Marlon Norberto Esparza León

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Electricista

Director

Diego Fernando Motta Nieto

Magister en Gestión de la Tecnología Educativa

Codirector

Gabriel Ordóñez Plata

Dr. Ingeniero Industrial en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2023

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a Dios por brindarme sabiduría y fuerzas para lograr este sueño que me tracé desde niño, gracias por brindarme fuerzas cuando sentí que no podía seguir.

A mis padres Nubia Esperanza Tarazona Jaimes y Luis Jesús Alvarado Delgado por brindarme ese apoyo incondicional, por siempre creer en mí, por sus buenos consejos, por siempre guiarme y educarme a lo largo de mi vida, me siento totalmente orgulloso de los dos, gracias por ser mi ejemplo a seguir.

A mis abuelos Isolina Jaimes de Tarazona y Israel Tarazona por sus buenas enseñanzas, por siempre apoyarme, por ser mi motivación más grande en la vida y por siempre llevarme en sus oraciones.

A mis hermanos Lidys Xiomara Alvarado Tarazona, Jesús Daniel Alvarado Tarazona, Nicolas Darío Alvarado Tarazona por ser el motor de mi vida, espero este logro los motive a cumplir sus sueños y gracias por ser los mejores hermanos que la vida me pudo regalar.

A mis tíos José Israel Tarazona Jaimes, Carlos Hernando Tarazona Jaimes, Fredy Alexander Tarazona Jaimes por siempre aportar ese granito de arena a lo largo de mi vida y por sus experiencias vividas conmigo en este proceso.

A mi segunda mamá Edilma Ramírez Medina por brindarme su apoyo incondicional, por sus buenos consejos, por sus risas que me alegran el alma y por acogerme en su humilde hogar.

A mis amigos y compañeros que me acompañaron en este proceso académico, especialmente a mi amigo Christian Ernesto Aguilar Ramírez gracias por su generosidad y constante apoyo.

***Brayan Fernel Tarazona Jaimes***

Primeramente, a Dios por permitirme cumplir este sueño.

Así como también quiero expresar mi gratitud a mi madre María Elena Esparza León, quien siempre ha sido mi apoyo incondicional. Gracias por tu amor, paciencia y motivación constante. Tu ejemplo de perseverancia y dedicación me ha inspirado a seguir adelante en momentos difíciles.

También quiero agradecer a mi familia, A mi hermano David Santiago por ser el motor para cumplir este sueño, tías y primos quienes siempre me han brindado su cariño y confianza. Gracias por estar ahí en todo momento, por creer en mí y por motivarme a seguir adelante.

A mi novia Daniela Carolina Abreo Cordero, por ser mi compañera en este camino y por ser mi fuente de inspiración. Gracias por tus palabras de aliento, por tu paciencia y por tu apoyo incondicional en cada momento.

No puedo dejar de mencionar a mi mejor amigo Christian Ernesto Aguilar Ramírez, quien siempre ha estado a mi lado, apoyándome en todo momento y alentándome a seguir adelante. Gracias por tus consejos, tu amistad y tu incondicional apoyo en todo momento.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mí siempre bella Universidad Industrial de Santander, por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos y habilidades que me han permitido desarrollarme como profesional y como persona. Agradezco especialmente a mis profesores, por su dedicación y por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo.

Todos ustedes han sido parte fundamental en el logro de este objetivo, gracias por haberme acompañado en este camino y haberme permitido alcanzar este logro.

***Marlon Norberto Esparza León***

A nuestro estimado director y codirector Diego Fernando Motta Nieto y Gabriel Ordoñez Plata por su compañía, dedicación, esfuerzo y orientación en el desarrollo de este proyecto de grado.

A nuestra gloriosa Universidad Industrial de Santander por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

*Brayan Fernel Tarazona Jaimes*

*Marlon Norberto Esparza León*

## Tabla de contenido

	<b>Pag</b>
Introducción .....	13
1. Objetivos .....	15
1.1. Objetivo general.....	15
1.2. Objetivos específicos .....	15
2. Generalidades.....	16
2.1 GRAFCET .....	16
2.2 Plataforma Moodle.....	18
2.3 Emulador simulador.....	18
2.3.1 CADE SIMU.....	20
3 Diseño del curso.....	21
3.1 Alcance del curso.....	21
3.2 Contenido del curso .....	22
3.2.1 Módulo 1: Presentación del curso .....	22
3.2.2 Módulo 2: Generalidades y conceptos básicos .....	24
3.2.3 Módulo 3: Conceptos avanzados.....	25
3.2.4 Módulo 4: Transición de GRAFCET a Ladder.....	28
3.2.5 Módulo 5: GRAFCET en emulador simulador.....	29
3.2.6 Módulo 6: Ejercicios tipo .....	31
4 Diseño y creación de página web en HTML 5 para la presentación de ejercicios tipo .....	34
4.1 HTML 5 .....	34

4.2	Visual Studio Code .....	36
4.3	CSS .....	37
5	Análisis de la participación de los estudiantes en la prueba piloto .....	39
5.1	Etapas de la prueba piloto .....	39
5.1.1	<i>Etapa 1</i> .....	39
5.1.2	<i>Etapa 2</i> .....	39
5.1.3	<i>Etapa 3</i> .....	40
5.2	Análisis de resultados .....	41
6	Conclusiones .....	47
	Referencias Bibliográficas .....	49
	Apéndices .....	50

## Lista de Figuras

	<b>Pag</b>
Figura 1 <i>Interfaz de bienvenida del módulo 1.</i> .....	23
Figura 2 <i>Interfaz de presentación del curso.</i> .....	23
Figura 3 <i>Interfaz principal módulo 2.</i> .....	24
Figura 4 <i>GRAFCET nivel 1.</i> .....	25
Figura 5 <i>Interfaz principal Módulo 3.</i> .....	26
Figura 6 <i>Estructura de divergencia y convergencia en “Y”</i> .....	27
Figura 7 <i>GRAFCETS parciales.</i> .....	27
Figura 8 <i>Interfaz principal Módulo 4.</i> .....	28
Figura 9 <i>Control de la secuencia.</i> .....	29
Figura 10 <i>Interfaz principal del Módulo 5.</i> .....	30
Figura 11 <i>Ejemplo ejercicio taladradora para carpintería industrial.</i> .....	31
Figura 12 <i>Interfaz principal del Módulo 6.</i> .....	32
Figura 13 <i>Ejemplo de preguntas de selección múltiple ejercicio tipo 1.</i> .....	33
Figura 14 <i>Ejemplo de pregunta ensayo ejercicio tipo 1.</i> .....	33
Figura 15 <i>Interfaz principal página web en HTML 5.</i> .....	35
Figura 16 <i>Ejercicio tipo 1 en página web en HTML 5.</i> .....	35
Figura 17 <i>Solución de la situación A del ejercicio tipo 1 en página web en HTML 5.</i> .....	36
Figura 18 <i>Interfaz principal de VS code</i> .....	37
Figura 19 <i>Interfaz de CSS donde se ve parte de la programación.</i> .....	38
Figura 20 <i>Porcentaje de participación de la prueba piloto</i> .....	41

Figura 21 *Porcentaje de acierto test 1* ..... 42

Figura 22 *Porcentaje de acierto test 2* ..... 42

Figura 23 *Porcentaje de acierto test 3* ..... 43

Figura 24 *Porcentaje de acierto test 4* ..... 43

Figura 25 *Porcentaje de acierto general* ..... 44

**Lista de Tablas**

	<b>Pag</b>
Tabla 1 <i>Elementos básicos de programación del GRAFCET</i> .....	17
Tabla 2 <i>Comparaciones de softwares para la emulación y simulación del GRAFCET</i> .....	20
Tabla 3 <i>Resultados cuantitativos</i> .....	44

**Lista de Apéndices**

Apéndice A. Documentos del contenido del curso.....

Apéndice B. Códigos fuente página web.....

Apéndice C. Soluciones recopiladas ejercicios tipo. ....

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

### Resumen

**Título:** Curso teórico práctico de GRAFCET\*

**Autor:** Brayan Fernel Tarazona Jaimes, Marlon Norberto Esparza León\*\*

**Palabras Clave:** GRAFCET, automatización, transición, CadeSimu.

La automatización industrial es un proceso que usa tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, dispositivos o máquinas, que por lo general realizan funciones secuenciales. El entendimiento de este tipo de procesos suele ser una tarea bastante compleja. Es por esta razón que este proyecto crea un módulo educativo adicional basado en el lenguaje de programación GRAFCET, para que enriquezca y facilite el proceso de aprendizaje y/o enseñanza de los temas relacionados con la lógica programada en el curso de accionamientos eléctricos del programa de ingeniería eléctrica UIS.

El curso fue diseñado en 6 módulos que se encuentran distribuidos estratégicamente para que el proceso de aprendizaje sea fluido y de fácil entendimiento. Los seis módulos están implementados en la plataforma Moodle de la universidad. Además, una parte del Módulo 6 se encuentra en una página web programada en HTML 5. Los temas que se abordan en este curso van desde la historia y definiciones básicas del GRAFCET, hasta conceptos complejos y ejercicios tipo con diversas situaciones. En este proyecto también se realizó una prueba piloto con el fin de conocer la aceptación y apropiación del contenido en los estudiantes.

El curso teórico práctico de GRAFCET es una herramienta que va a estar disponible para todos los estudiantes de la Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones.

---

\* Curso teórico práctico de GRAFCET.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones - E3T. Director: Diego Fernando Motta Nieto. Magister en Gestión de la Tecnología Educativa. Codirector: Gabriel Ordóñez Plata. Dr. Ingeniero Industrial en Ingeniería Eléctrica

**Abstract**

**Title:** Theoretical practical GRAFCET course\*.

**Author(s):** Brayan Fernel Tarazona Jaimes, Marlon Norberto Esparza León\*\*

**Keywords:** GRAFCET, automation, transition, CadeSimu.

Industrial automation is a process that uses technologies for the control and monitoring of industrial processes, devices or machines, which generally perform sequential functions. Understanding this type of process is usually quite a complex task. It is for this reason that this project creates an additional educational module based on the GRAFCET programming language, to enrich and facilitate the learning and/or teaching process of topics related to programmed logic in the electrical drives course of the UIS electrical engineering.

The course was designed in 6 modules that are strategically distributed so that the learning process is fluid and easy to understand. The six modules are implemented on the university's Moodle platform. In addition, a part of module 6 is found in a web page programmed in HTML 5. The topics covered in this course range from the history and basic definitions of GRAFCET, to complex concepts and standard exercises with various situations. In this project, he also carried out a pilot test in order to know the acceptance and appropriation of the content in the students.

The GRAFCET theoretical-practical course is a tool that will be available to all students at the school of electrical engineering, electronics and telecommunications.

---

\* Theoretical practical GRAFCET course.

\*\* Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering -E3T. Director: Diego Fernando Motta Nieto. Master in Educational Technology Management. Co-director: Gabriel Ordóñez Plata. Dr. Industrial Engineer in Electrical Engineering.

## Introducción

Actualmente uno de los propósitos de la asignatura Accionamientos Eléctricos – 23364 es que el estudiante adquiera conocimientos básicos de diseño e interpretación de circuitos de control electromagnético, esto requiere que el alumno desarrolle destreza en el manejo de diversos tipos de lenguajes de programación; dichos lenguajes por lo general se encuentran jerarquizados de acuerdo a su nivel de uso y no por su simplicidad para ser aprendidos. Esta situación deriva en que el aprendiz desarrolle cierto temor hacia esta temática tan importante, dificultando enormemente el proceso de aprendizaje.

Este trabajo de grado crea un módulo educativo adicional basado en el lenguaje de programación GRAFCET, para enriquecer y facilitar el proceso de aprendizaje y enseñanza de los temas relacionados con la lógica programada en el curso de Accionamientos Eléctricos. Este módulo educativo se diseñó para la plataforma virtual Moodle de la universidad.

La elección de la plataforma virtual Moodle se justifica teniendo en cuenta que ha sido una herramienta común y de uso continuo durante todo el proceso educativo de la universidad. Por tanto, el efecto positivo que puede tener en los aprendices que realicen el curso es bastante relevante, ya que les va a facilitar el desarrollo de todas las actividades propuestas.

El lenguaje gráfico de programación GRAFCET es una herramienta fundamental a la hora de describir sistemas automatizados, especialmente en el campo de la automatización industrial. Como el GRAFCET utiliza una representación gráfica fácil de entender, les permite a los usuarios visualizar fácilmente el funcionamiento del sistema automatizado. De igual manera proporciona una descripción detallada del funcionamiento del sistema, lo que facilita su implementación en un

controlador. Además, es compatible con los diferentes softwares de automatización de las diversas marcas de PLC (Programmable Logic Controller).

En este orden de ideas, este documento proporciona toda la información acerca del diseño, implementación y resultados obtenidos en la prueba piloto del “Curso teórico práctico de GRAFCET”. Este documento se encuentra estructurado en 5 capítulos. El primer capítulo enuncia tanto el objetivo general como los objetivos específicos del trabajo de grado. El segundo capítulo presenta las generalidades del trabajo de grado, y las definiciones de los elementos más importantes utilizados en el desarrollo del curso. En el Capítulo 3 se presenta la planeación de cada uno de los módulos, así como el alcance y los temas a desarrollar. El Capítulo 4 describe el motivo, y la creación de la página web utilizada para presentar los ejercicios tipo propuestos. Finalmente, en el quinto capítulo se evidencia el análisis de la implementación del curso, que se realizó a través de una prueba piloto con estudiantes de la asignatura Accionamientos Eléctricos de la E3T.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo general**

Diseñar un curso teórico práctico de GRAFCET para la materia de accionamientos eléctricos – 23634

### **1.2. Objetivos específicos**

Recopilar el material necesario para la creación del contenido del “Curso teórico práctico de GRAFCET”.

Diseñar el material audiovisual del “Curso teórico práctico de GRAFCET”.

Seleccionar un software que permita la emulación-simulación para el desarrollo de ejercicios tipo.

Implementar un piloto del “Curso teórico práctico de GRAFCET” en la plataforma Moodle para la asignatura accionamientos eléctricos.

## 2. Generalidades

Un aspecto importante para el desarrollo del aprendizaje autónomo es el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC); estas permiten acceder a materiales y actividades de formación, así como establecer una interacción entre tutor-estudiante haciendo uso de plataformas virtuales (Jaimes Carvajal & Ospino Ravelo, 2021). Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo de grado se centra en la creación de un curso que estudia las capacidades de la herramienta de programación GRAFCET, que surge como alternativa para entender fácilmente los procesos de automatización que existen en la industria.

A continuación, se presenta una breve descripción de las principales herramientas necesarias para el correcto desarrollo de este trabajo de grado.

### 2.1 GRAFCET


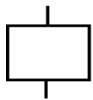




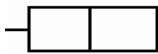
El GRAFCET, del francés Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition, que significa diagrama de control con etapas y transiciones, es un modelo de representación gráfica que permite mostrar un proceso a automatizar, considerando cada acción a realizar, y también procesos intermedios que surjan de etapas anteriores (Jaspe Lombana & Mosquera Amaya, 2007). Este lenguaje se compone de etapas interconectadas con transiciones, la sintaxis del gráfico debe ser tal que, al recorrer el programa por cualquier camino posible, deben alternarse siempre en una etapa única de transición. Sin importar la complejidad del sistema secuencial, este puede ser modelado como una combinación de tres estructuras básicas: Estructura lineal, divergencia y convergencia. En la Tabla 1 es posible observar los principales elementos del GRAFCET.

Es importante también mencionar que el GRAFCET puede no ser la mejor opción para programar sistemas de control de movimiento en tiempo real y sistemas de control de procesos críticos, donde se requiere una respuesta rápida y precisa a las variables de entrada.

La historia del GRAFCET se remonta al año 1977, producto del trabajo de la Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica (AFCET) y reconocido como norma internacional IEC-848. Proviene de diferentes herramientas existentes como organigrama, organifase, diagramas de Girard, red de Petri, entre otros. En 1979, la Agencia Nacional para el Desarrollo de la Producción Automatizada (ANDEPA), le da la forma como se conoce hoy.

**Tabla 1**

*Elementos básicos de programación del GRAFCET*

Simbolo	Nombre	Descripción
	Etapla inicial	Indica el comienzo del esquema GRAFCET y se activa al poner en RUN el autómata. Por lo general suele haber una sola etapa de este tipo.
	Etapla	Su activación lleva consigo una acción o una espera.
	Unión o Línea de Evolución	Las uniones se utilizan para unir entre sí varias etapas.
	Transición	Condición para desactivarse la etapa en curso y activarse la siguiente etapa. Se indica con un trazo perpendicular a una unión.
	Direccionamiento	Indica la activación de una u otra etapa en función de la condición que se cumpla.
	Proceso simultáneo	Muestra la activación o desactivación de varias etapas a la vez.
	Acciones asociadas	Acciones que se realizan al activarse la etapa a la que pertenecen.

## **2.2 Plataforma Moodle**

El entorno modular de aprendizaje dinámico orientado a objetos o un modular object orient Dynamic learning environment, como su acrónimo indica MOODLE, es una plataforma de aprendizaje virtual, diseñada para brindar un entorno educativo entre los docentes y estudiantes, de forma segura y personalizada (Moodle, 2022).

Con más de 10 años de desarrollo guiado por la pedagogía de constructivismo social, Moodle proporciona un conjunto poderoso de herramientas centradas en el estudiante y ambientes de aprendizaje colaborativo, que le dan poder, tanto a la enseñanza como al aprendizaje.

Moodle es una plataforma proporcionada gratuitamente como programa de código abierto, esto quiere decir que cualquier persona puede adaptar, extender o modificar Moodle, tanto para proyectos comerciales como no comerciales. Además, presenta una interfaz simple y fácil de usar que es continuamente revisada y mejorada para adecuarse a las necesidades actuales y cambiantes de los usuarios (Moodle, 2022).

Actualmente y desde hace varios años, la Universidad Industrial de Santander hace uso de la plataforma Moodle como estrategia de enseñanza, aprendizaje y evaluación. Es por esta razón que se decidió implementar todo el desarrollo del curso en dicha plataforma. Esto representa una gran ventaja pedagógica ya que los estudiantes se encuentran familiarizados con este entorno desde el inicio de sus carreras profesionales.

## **2.3 Emulador simulador**

Un emulador es un programa informático que permite que un computador, llamado anfitrión, se comporte como otro computador, llamado invitado, permitiendo que los programas del equipo invitado se ejecuten en el equipo anfitrión. Los emuladores se utilizan comúnmente para ejecutar

juegos o software de otras plataformas en una computadora diferente de la que fue diseñada originalmente. Los emuladores también son utilizados en la investigación de seguridad para simular entornos de red, dispositivos de red, sistemas operativos, etc.

Por otra parte, un simulador es un programa informático o sistema físico que imita el comportamiento de un sistema real o hipotético. El objetivo de un simulador es proporcionar una representación precisa y controlable del comportamiento del sistema que se está simulando, permitiendo que los usuarios experimenten con diferentes escenarios y configuraciones.

Con el objetivo de que los estudiantes contaran con un componente práctico durante el desarrollo del curso, que les permitiera ver de una manera dinámica la solución de ejercicios que involucran situaciones de la vida real, se realizó una búsqueda de softwares emuladores simuladores que pudieran cumplir este requerimiento.

Durante esta búsqueda se encontraron diversos programas que podrían ser útiles, sin embargo, presentaban ciertas restricciones que hacían que fuera imposibles adoptarlos en el desarrollo del curso. Los factores que se tuvieron en cuenta al momento de seleccionar el simulador que se usó en el curso fueron 6, y se encuentran descritos a continuación.

- Licencia: determinar si el programa que se iba a utilizar contaba con una licencia gratuita o si se debía realizar un pago para poder utilizarlo.
- GRAFCET: era necesario que la interfaz del programa permitiera la creación de diagramas GRAFCET.
- Ladder: al igual que con el indicador anterior, la interfaz del programa debía permitir la creación de diagramas Ladder.
- Simulación: el programa que se utilizara debía tener la capacidad de realizar las simulaciones de los circuitos de control que solucionan los ejercicios.

- Compatibilidad con equipos: el programa que se escogiese para desarrollar el curso debía ser uno que se ejecute con requerimientos básicos de equipos de cómputo. Es decir, una gama baja de procesador, menor espacio en el disco duro, menor consumo de memoria RAM y compatibilidad con sistemas operativos.
- Interfaz amigable: el objetivo era que el programa contara con una interfaz que fuera de fácil manejo y entendimiento para los aprendices.

En la Tabla 2 se puede ver el listado de programas comparados y los factores que se tuvieron en cuenta al momento de elegir el emulador simulador que íbamos a utilizar.

**Tabla 2**

*Comparaciones de softwares para la emulación y simulación del GRAFCET*

Programa	Licencia gratuita	GRAFCET	Ladder	Simulación	Compatible con equipos	Interfaz amigable
GRAFCET studio	No	Si	No	Si	Si	No
LDmicro	Si	No	Si	Si	Si	Si
SFCEditor	Si	Si	No	No	Si	Si
FreeSFD	Si	Si	No	No	Si	Si
Classic Ladder	Si	No	Si	Si	Si	Si
CADE-SIMU	Si	Si	Si	Si	Si	Si

En este orden de ideas y teniendo en cuenta la información consultada, el único emulador simulador que cumple la totalidad de los factores propuestos es CADE SIMU, por esta razón este es el software que se utilizó en el desarrollo del curso.

### **2.3.1 CADE SIMU**

CADE SIMU es una herramienta de simulación de sistemas de automatización y control de procesos. Se utiliza para simular el comportamiento de un sistema en tiempo real y analizar su rendimiento antes de su implementación en un entorno real. Permite a los usuarios diseñar y probar diferentes escenarios y configuraciones para mejorar el rendimiento del sistema y detectar posibles

problemas antes de su implementación. Es una herramienta valiosa para la industria, ya que permite ahorrar tiempo y dinero al detectar problemas antes de la implementación del sistema.

CADE SIMU se puede utilizar para simular una amplia gama de sistemas, incluyendo sistemas de control de procesos, sistemas de automatización de fábricas, sistemas de transporte, sistemas de energía, entre otros. Permite crear modelos de sistemas complejos, y tiene una interfaz de usuario amigable que permite a los usuarios crear y editar modelos de sistemas fácilmente.

El software incluye una variedad de herramientas analíticas, como herramientas de seguimiento de variables, herramientas de análisis de estabilidad, herramientas de análisis de transitorios, etc. Estas herramientas permiten a los usuarios analizar y evaluar el rendimiento del sistema simulado, y detectar posibles problemas.

### **3 Diseño del curso**

El curso teórico práctico de GRAFCET se compone de seis módulos, en los cuales se encuentran videotutoriales, material de apoyo y ejercicios tipo, con el fin de enriquecer y facilitar el proceso de aprendizaje y/o enseñanza de los temas relacionados con la lógica programada en el curso de accionamientos eléctricos. Cabe resaltar que este curso fue diseñado como herramienta complementaria de aprendizaje al contenido general de la asignatura. Razón por la cual no cuenta con un método de evaluación cuantitativo que repercuta en la evaluación final de la asignatura.

#### **3.1 Alcance del curso.**

El “Curso teórico práctico de GRAFCET” está diseñado con el fin de que el estudiante adquiera los conceptos básicos que le permitan construir y entender las estructuras y reglas necesarias para realizar la automatización de un proceso secuencial usando GRAFCET. Una vez completada la etapa de conceptualización, se adentrará al estudiante hacia conceptos más avanzados que le

permitan desarrollar ejercicios que representen mayor nivel de complejidad. De igual manera, se espera que al terminar el curso el aprendiz pueda realizar la transición del lenguaje GRAFCET al lenguaje Ladder, así como también esté en la capacidad de implementar el lenguaje GRAFCET en una nueva interfaz utilizando el emulador simulador CADE SIMU.

### **3.2 Contenido del curso**

El contenido del curso se encuentra distribuido en seis módulos. En cada uno de estos se encuentra el material audiovisual correspondiente a un tema específico. Estos módulos fueron diseñados para que el estudiante se familiarice de manera agradable con la temática de la lógica programada. El material audiovisual está compuesto por videos instructivos de autoría propia. Cabe resaltar que los documentos y presentaciones que se utilizaron para el desarrollo del contenido del curso se encuentran en el Apéndice A de este documento.

#### ***3.2.1 Módulo 1: Presentación del curso***

En este primer módulo se les da a los estudiantes la bienvenida al curso, se les presentan los objetivos y competencias que se espera que adquieran durante el desarrollo del mismo y se les extiende la invitación a que se comprometan a completar el curso en su totalidad. De igual manera, se presenta todo el contenido programático y la metodología que se diseñó para que puedan finalizar correctamente el curso. Este módulo cuenta con un documento que describe el contenido programático del curso. En las figuras 1 y 2 se puede ver las interfaces del Módulo 1 en la plataforma Moodle de la universidad.

**Figura 1***Interfaz de bienvenida del módulo 1.*

CURSO TEÓRICO PRÁCTICO DE GRAFCET

Progreso general % 0



**BIENVENIDOS AL CURSO**

Nos complace darle la bienvenida al "Curso teórico práctico de GRAFCET", que tiene como objetivo enriquecer y facilitar el proceso de aprendizaje de los temas relacionados con la lógica programada en el curso de accionamientos eléctricos.

Esperamos su compromiso y participación en cada uno de los módulos que fueron diseñados para que se familiarice de manera agradable con la temática de lógica programada. De igual manera le hacemos la invitación a que complete el curso en su totalidad y compruebe la eficiencia de este.

**Figura 2***Interfaz de presentación del curso.*

 **Presentación del Curso** 



Tomada de: <https://www.ituser.es/content-marketing/2018/03/bienvenidos-a-la-era-de-la-automatizacion-empresarial>

¡Bienvenidos! a continuación encontrarán disponible el documento que describe los objetivos y el contenido del curso.

 Bienvenida y Contenido del Curso 

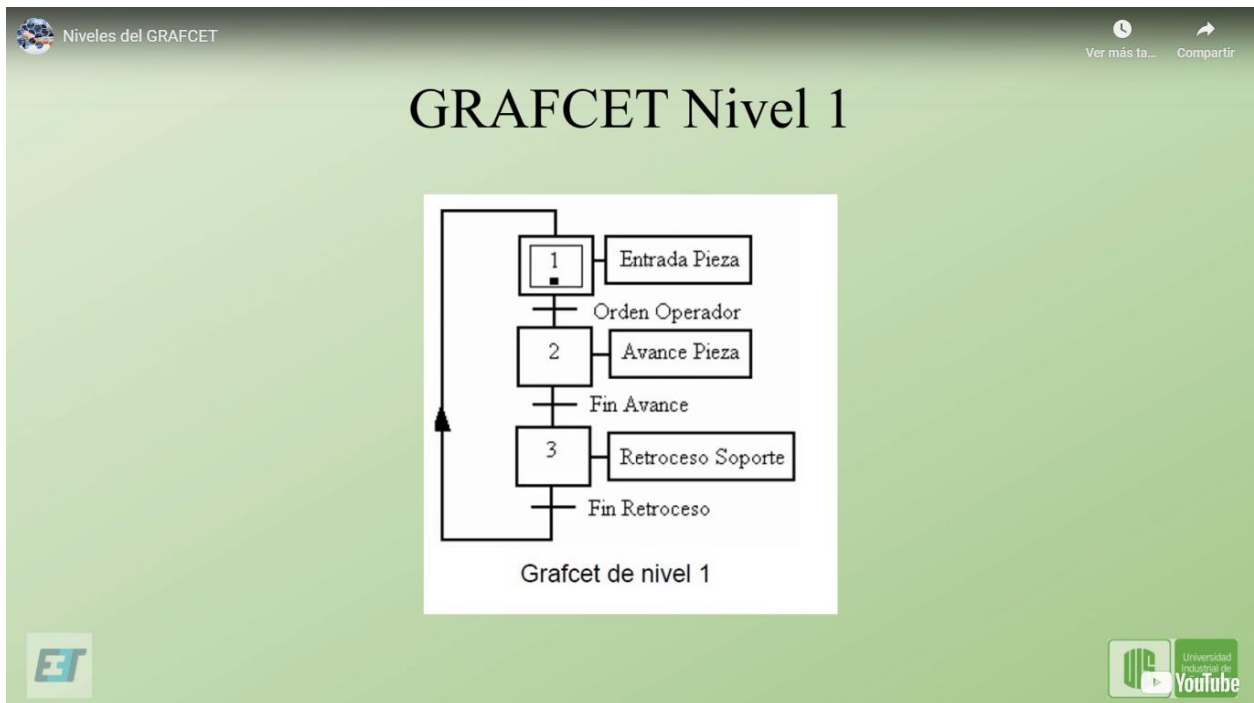
### 3.2.2 Módulo 2: Generalidades y conceptos básicos

En el segundo módulo los estudiantes tienen acceso a 4 videos y un documento que contienen la historia del GRAFCET, los principales elementos que componen este lenguaje gráfico, sus niveles, y sus reglas de evolución. En este segundo módulo es donde los estudiantes ven por primera vez los componentes necesarios para construir un diagrama GRAFCET y empiezan a entender la lógica que rige el funcionamiento de estos diagramas. Las figuras 3 y 4 permiten observar la interfaz principal del Módulo 2 y una parte específica del video “Niveles del GRAFCET” donde se observa un GRAFCET nivel 1, respectivamente.

#### Figura 3

*Interfaz principal módulo 2.*



**Figura 4***GRAFCET nivel 1.*

Tomado de: (Tarazona & Esparza, 2023).

### 3.2.3 Módulo 3: Conceptos avanzados

Como su nombre lo indica, este módulo presenta conceptos más avanzados que hacen parte del entendimiento de este lenguaje gráfico. Entre estos conceptos se encuentran, la representación de las acciones según la norma IEC-848, estructuras del GRAFCET, GRAFCETS parciales y macro etapas, y GRAFCETS forzados. El contenido de este módulo se encuentra distribuido en cuatro videos y en la Figura 5 se puede ver su interfaz principal.

**Figura 5**

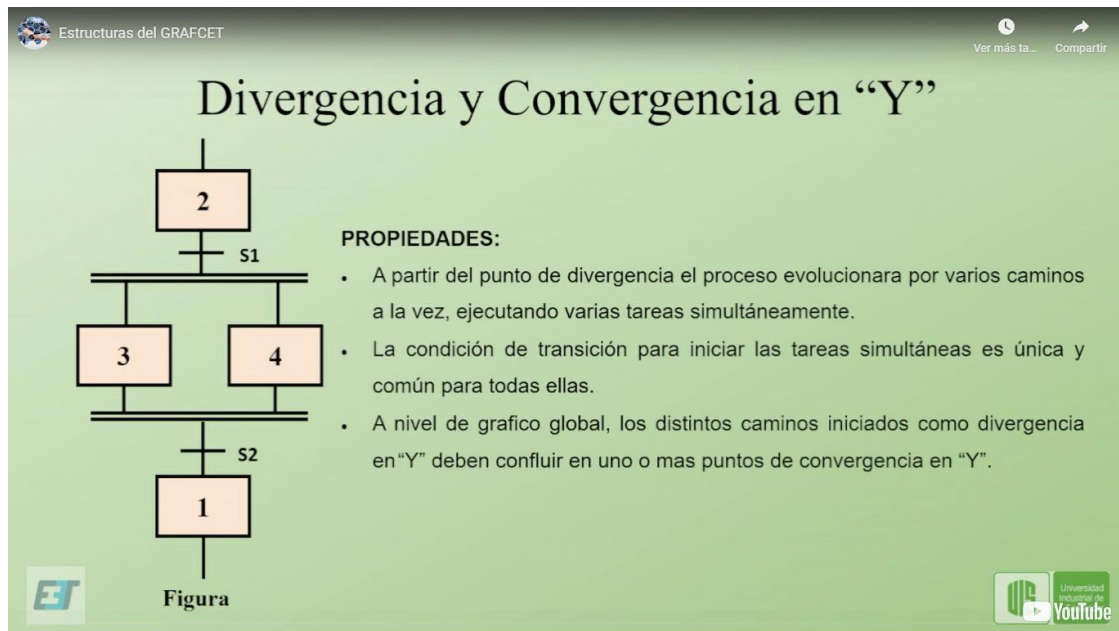
*Interfaz principal Módulo 3.*



En las figuras 6 y 7 se puede observar parte del contenido que se encuentra en los videos de este módulo.

**Figura 6**

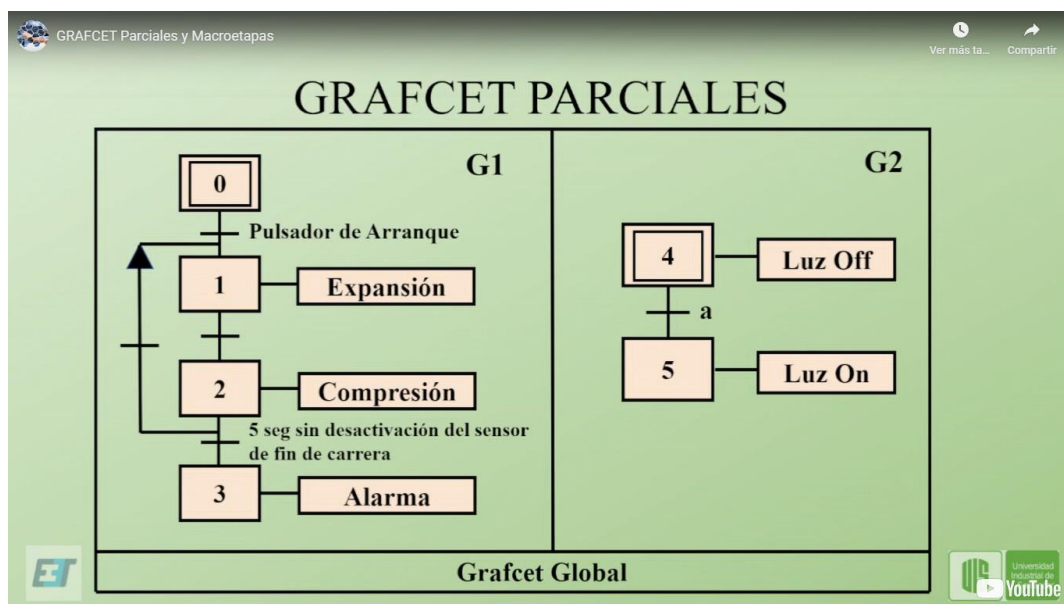
*Estructura de divergencia y convergencia en “Y”.*



Tomado de: (Tarazona & Esparza, 2023).

**Figura 7**

*GRAFCETS parciales.*



Tomado de: (Tarazona & Esparza, 2023).

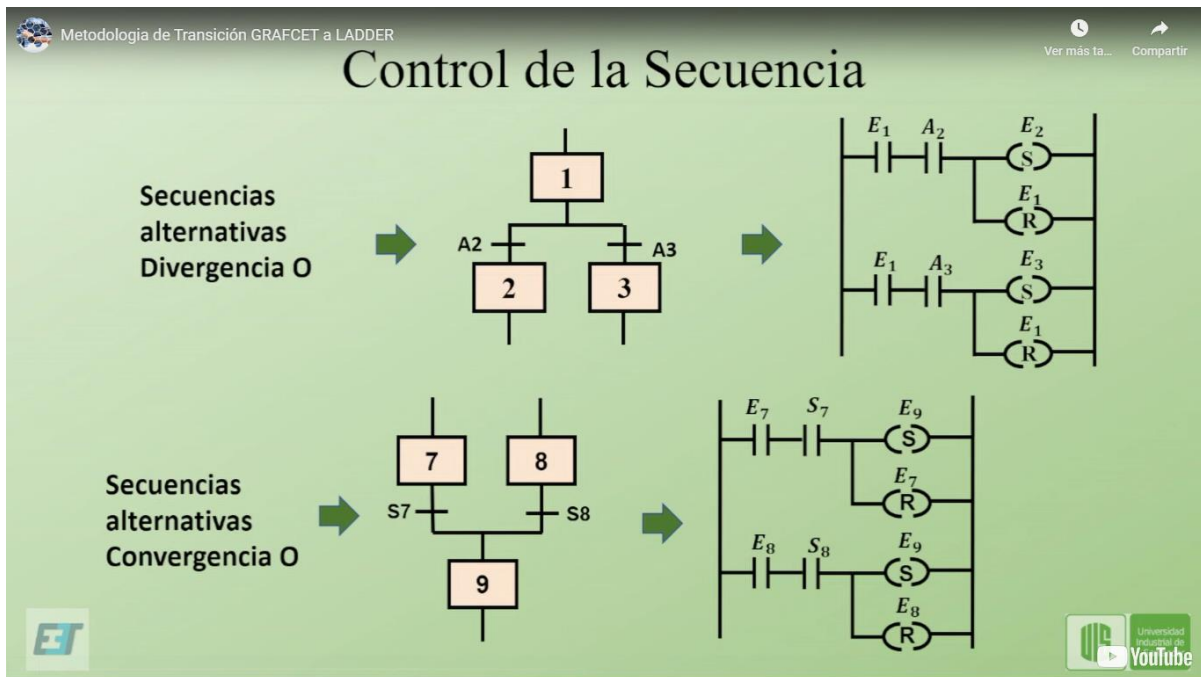
### 3.2.4 Módulo 4: Transición de GRAFCET a Ladder

Este módulo reviste gran importancia en el desarrollo del curso ya que permite representar las etapas, transiciones y acciones asociadas que componen el lenguaje GRAFCET en el lenguaje Ladder. El desarrollo de este módulo se presenta en 3 videos, donde se muestran temas como la introducción al lenguaje Ladder, la metodología de transición de GRAFCET a Ladder y ejemplos de GRAFCET a Ladder. Las figuras 8 y 9 representan la interfaz principal del Módulo 4 y el control de la secuencia, respectivamente.

#### Figura 8

*Interfaz principal Módulo 4.*



**Figura 9***Control de la secuencia.*

Tomado de: (Tarazona & Esparza, 2023).

### 3.2.5 Módulo 5: GRAFCET en emulador simulador

Este módulo pretende que el estudiante pueda probar y depurar los sistemas automatizados antes de su implementación en un entorno real. El emulador simulador que se usó en este curso es CADE SIMU. El contenido de este módulo se presenta en 4 videos, que incluyen temas como la correcta instalación del software, introducción y manejo de la interfaz y el desarrollo de un ejercicio en lenguaje GRAFCET y en lenguaje Ladder. Las figuras 10 y 11 permiten ver la interfaz principal del Módulo 5 así como una imagen del ejemplo en el simulador CADE SIMU.

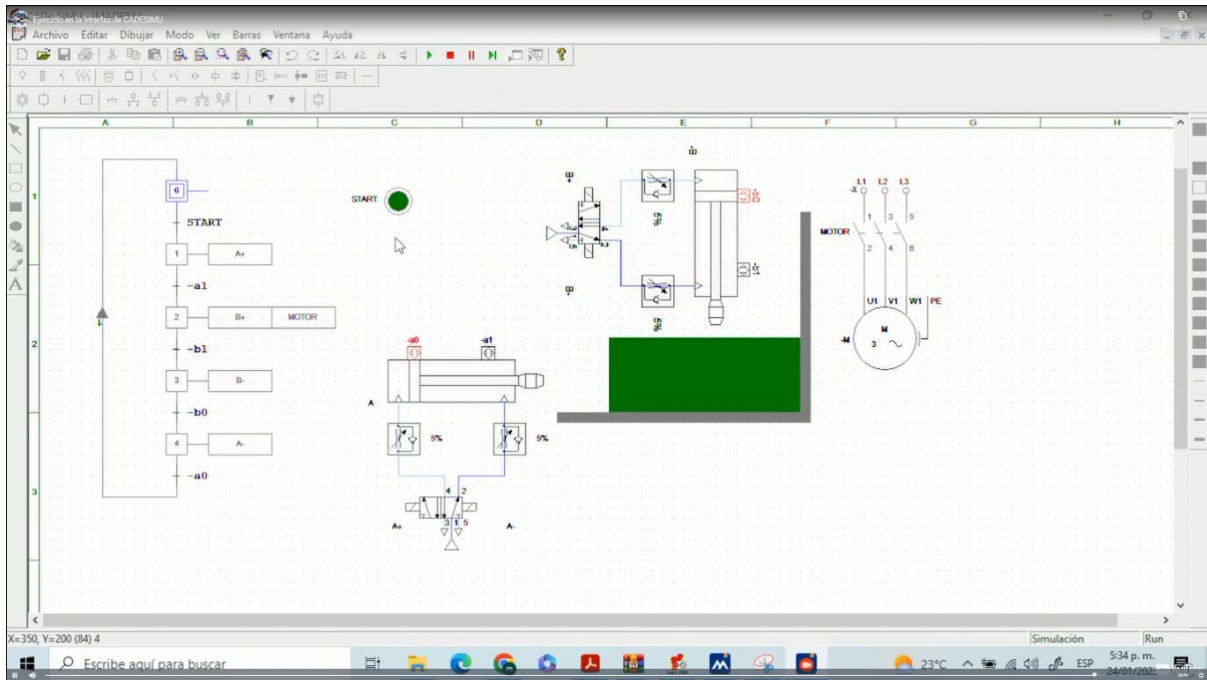
**Figura 10**

*Interfaz principal del Módulo 5.*



**Figura 11**

*Ejemplo ejercicio taladradora para carpintería industrial.*




Tomado de: (Tarazona & Esparza, 2023).


### 3.2.6 Módulo 6: Ejercicios tipo

El módulo final de este curso corresponde al módulo de ejercicios tipo. Para presentar estos ejercicios de manera clara, ordenada e interactiva se decidió realizar la programación de una página web. Dentro de esta página web se encuentra el desarrollo de 4 ejercicios propuestos con diversas situaciones que hacen que vaya aumentando la complejidad del ejercicio. De igual forma, en la página web se pueden ver las soluciones propuestas a los ejercicios, así como videos con las simulaciones en el emulador simulador CADE SIMU. En la Figura 12 se puede ver la interfaz principal del Módulo 6.

**Figura 12**

*Interfaz principal del Módulo 6.*

 **Ejercicios Tipo** x








Tomada: <https://enzyme.biz/blog/automatizacolon-de-procesos-Industriales>

El módulo final de este curso corresponde al módulo de ejercicios tipo. Para presentar estos ejercicios de manera clara, ordenada e interactiva se decidió realizar la programación de una página web. El ejecutable de esta página se puede encontrar y descargar a continuación. Dentro de esta página web se encuentra el desarrollo de 4 ejercicios propuestos con diversas situaciones que hacen que vaya aumentando la complejidad del ejercicio.

**Acceso a Página Web**

[https://tic.uis.edu.co/users/archivos/web/pagina\\_web/P%3c3%a1gina%20Web%20sin%20Soluc%3c3%b3n/Ejecutable/](https://tic.uis.edu.co/users/archivos/web/pagina_web/P%3c3%a1gina%20Web%20sin%20Soluc%3c3%b3n/Ejecutable/)

-  Test Ejercicio Tipo 1 ○
-  Test Ejercicio Tipo 2 ○
-  Test Ejercicio Tipo 3 ○
-  Test Ejercicio Tipo 4 ○
-  Solución Ejercicios Tipo-Gracet ○

En la Figura 12 se puede ver también que existen 4 test, que el estudiante debe resolver en una actividad de clase programada por el docente. Estos test están diseñados cada uno con cuatro preguntas de selección múltiple y una última pregunta donde se le solicita al estudiante que suba la solución que él propone para determinado ejercicio y sus diversas situaciones. En las figuras 13

y 14 es posible observar ejemplos de las preguntas que están propuestas en los test. De igual manera, el banco de preguntas utilizado para estas pruebas se encuentra en el Apéndice A.

### Figura 13

*Ejemplo de preguntas de selección múltiple ejercicio tipo 1.*

The image shows two examples of multiple-choice questions from a test interface. Each question is presented in a light blue box with a grey sidebar on the left containing question details and a 'Mark question' button.

**Pregunta 1**  
Sin contestar  
Puntúa como 1.00  
▼ Marcar pregunta

¿Qué es un grafcet y para qué se utiliza?

Seleccione una:

- a. Un lenguaje de programación para controlar robots
- b. Un lenguaje gráfico para describir secuencias de eventos en sistemas automatizados
- c. Un sistema de control para la industria alimentaria
- d. Una herramienta de diseño para crear diagramas de flujo

**Pregunta 2**  
Sin contestar  
Puntúa como 1.00  
▼ Marcar pregunta

Una transición en un GRAFCET es la condición que permite el cambio de un estado a otro en el proceso de automatización

Seleccione una:

- Verdadero
- Falso

### Figura 14

*Ejemplo de pregunta ensayo ejercicio tipo 1.*

The image shows an example of an essay question from a test interface. It consists of a light blue box with a grey sidebar on the left containing question details and a 'Mark question' button.

**Pregunta 5**  
Sin contestar  
Puntúa como 1.00  
▼ Marcar pregunta

Adjunta un documento con la solución de las situaciones del ejercicio

[Empty text input area]

La programación y desarrollo de la página web fue un proceso complejo que involucró la búsqueda de diversos programas y aprendizaje de nuevas técnicas de programación, todo este proceso se encuentra detallado en el siguiente capítulo.

#### **4 Diseño y creación de página web en HTML 5 para la presentación de ejercicios tipo**

Con la intención de que la presentación de los ejercicios tipo propuestos para este curso se realizara de una manera ordenada y didáctica, se decidió realizar el diseño y creación de una página web. Este proceso creativo se desarrolló en HTML usando el editor de código Visual Studio Code y el lenguaje de diseño gráfico de estilos CSS. A continuación, se puede observar de manera más detallada el proceso utilizado en el desarrollo de este objetivo.

##### **4.1 HTML 5**

Por sus siglas en inglés HyperText Markup Language (lenguaje de marcas de hipertexto), es el componente más básico de la web. Define el significado y la estructura del contenido web. Además de HTML, generalmente se utilizan otras tecnologías para describir la apariencia y presentación de una página web o su funcionalidad y comportamiento (MDN, 2022).

"Hipertexto" hace referencia a los enlaces que conectan páginas web entre sí, ya sea dentro de un único sitio web o entre sitios web. Los enlaces son un aspecto fundamental de la Web. Al subir contenido a Internet y vincularlo a las páginas creadas por otras personas, te conviertes en un participante activo en la red informática mundial (MDN, 2022).

Las figuras 15 y 16 permiten observar la interfaz principal de la página web que muestra los ejercicios tipo planteados y un ejemplo de ejercicio tipo, respectivamente. La Figura 17 muestra la interfaz de la solución al ejercicio tipo 1.

**Figura 15**

*Interfaz principal página web en HTML 5.*

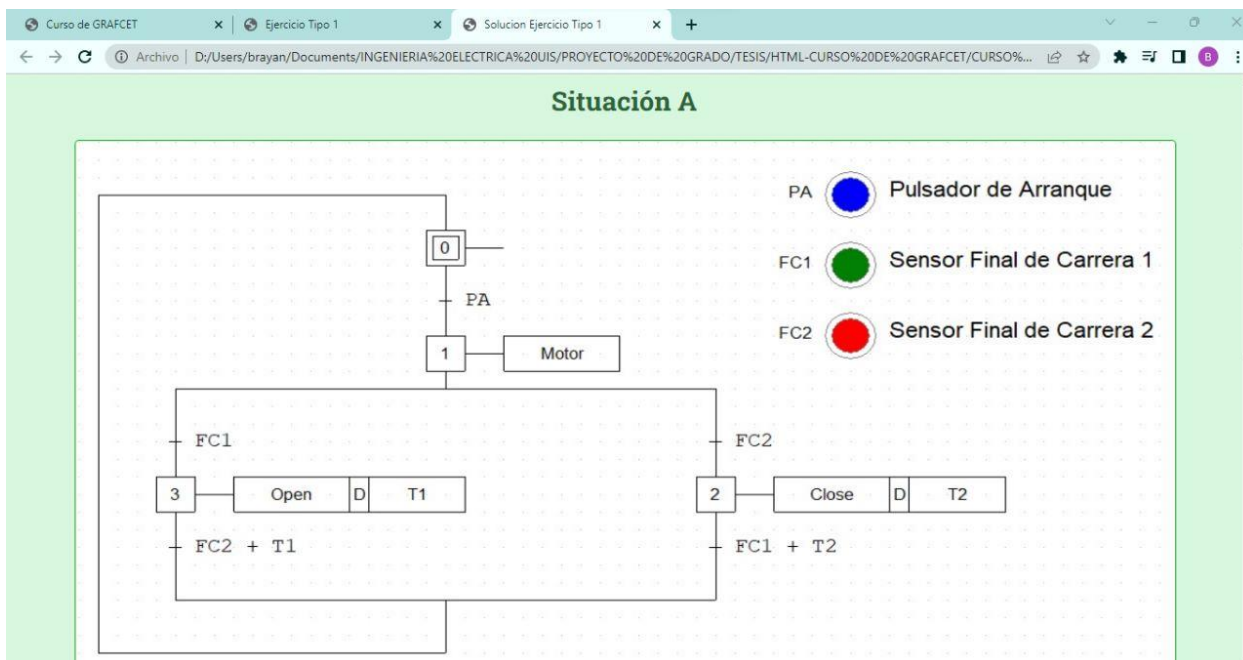
**Figura 16**

*Ejercicio tipo 1 en página web en HTML 5.*



**Figura 17**

*Solución de la situación A del ejercicio tipo 1 en página web en HTML 5.*



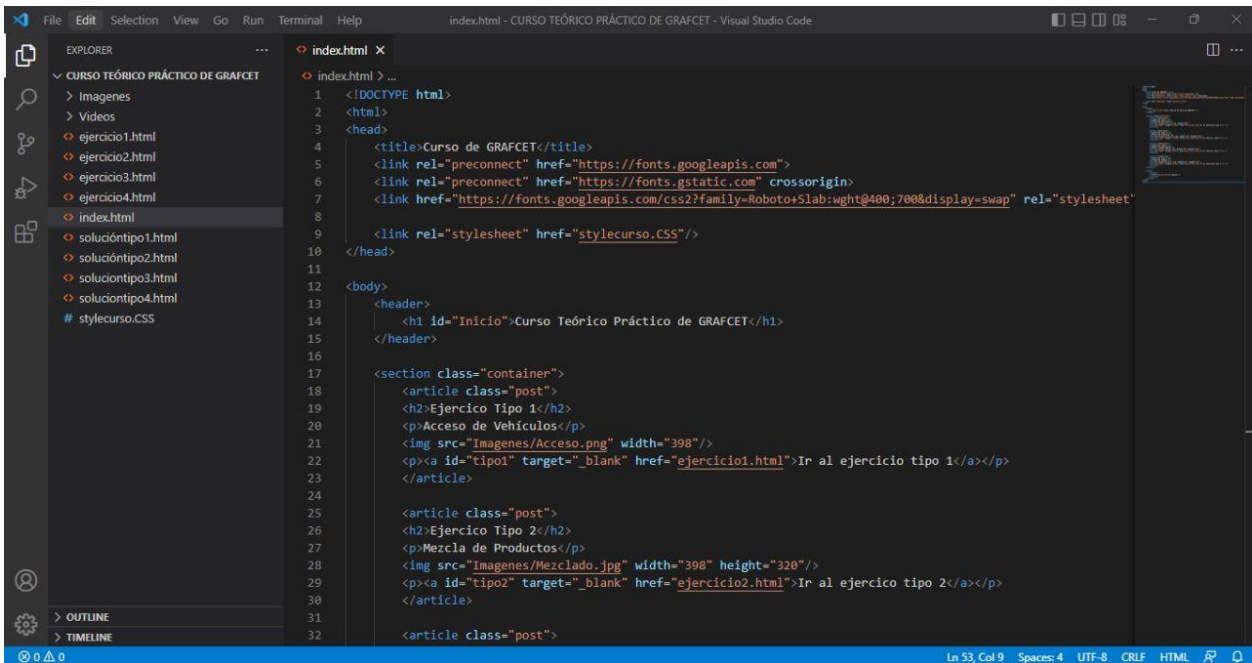
## 4.2 Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Es software libre y multiplataforma, está disponible para Windows, GNU/Linux y macOS. Cuenta con soporte para depuración de código, y dispone de un sinnúmero de extensiones, que básicamente dan la posibilidad de escribir y ejecutar código en cualquier lenguaje de programación (Flores, 2022). Como se ha resumido anteriormente, VS Code es un editor de código optimizado que proporciona muchas facilidades para escribir, depurar y probar código. Además de ser el editor de código fuente más popular y utilizado, es uno de los más fáciles e intuitivos de utilizar, siendo esta una de las principales razones para trabajarlo.

La Figura 18 permite observar la interfaz principal del editor de código en donde se desarrolló la página web.

**Figura 18**

*Interfaz principal de VS code*



### 4.3 CSS

El diseño de una página o sitio web necesita un lenguaje común para que los navegadores puedan interpretarlo y mostrarlo a las personas de la forma correcta. Pero también lo requieren para que otros diseñadores hagan las modificaciones necesarias para su optimización. Uno de estos lenguajes es el CSS, un gran aliado del HTML que transforma la experiencia de los visitantes.

CSS son las siglas en inglés para “hojas de estilo en cascada” (Cascading Style Sheets). Básicamente, es un lenguaje que maneja el diseño y presentación de las páginas web, es decir, cómo lucen cuando un usuario las visita. Funciona junto con el lenguaje HTML que se encarga

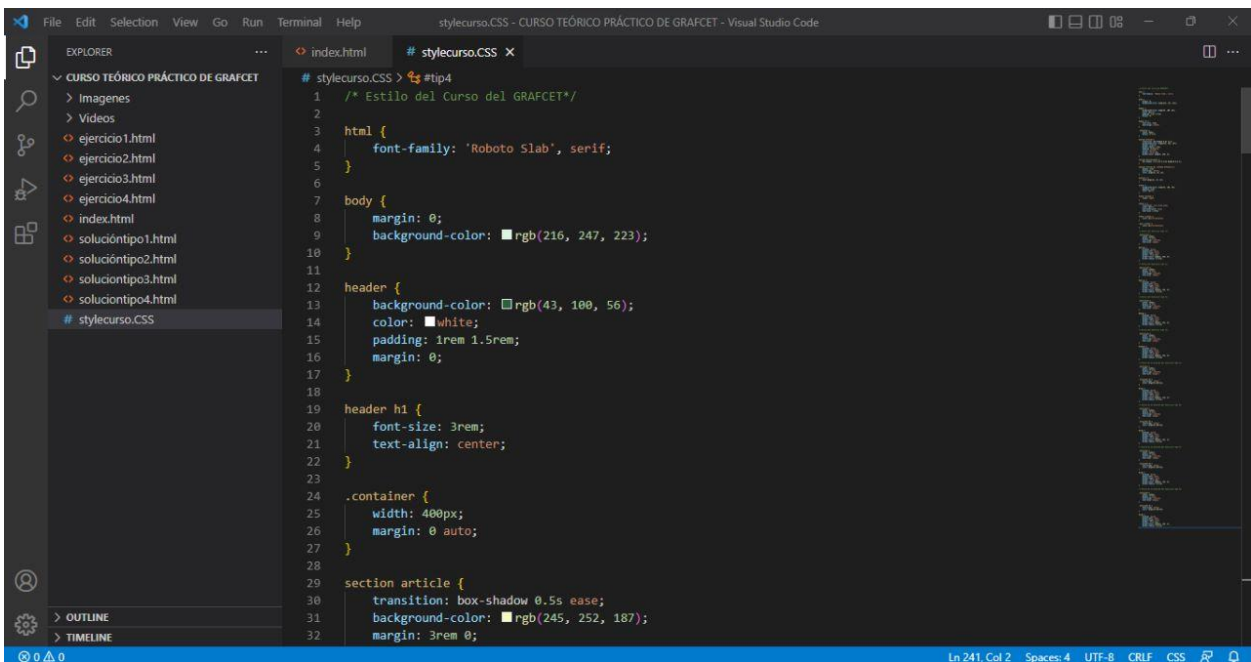
del contenido básico de las páginas. Se les denomina hojas de estilo “en cascada” porque se pueden tener varias hojas y una de ellas con las propiedades heredadas de otras (Santos, 2022).

El lenguaje CSS tiene la ventaja de ser más simple, por lo que implica menos código y probabilidad de errores, así como una mayor velocidad de carga y facilidad de lectura. Además, con él se tiene una mayor gama de posibilidades de edición para hacer que el sitio luzca tal como se desee (Santos, 2022).

La Figura 19 deja ver parte del código que se creó para darle el diseño y estilo a la página web.

### Figura 19

*Interfaz de CSS donde se ve parte de la programación.*

The image shows a screenshot of the Visual Studio Code editor. The Explorer sidebar on the left shows a project named 'CURSO TEÓRICO PRÁCTICO DE GRAFCET' with a file tree containing 'Imágenes', 'Videos', and several HTML files ('ejercicio1.html' through 'ejercicio4.html', 'solución1.html' through 'solución4.html'). The main editor area is open to a file named 'stylecurso.CSS'. The code in the editor is as follows:

```
1  /* Estilo del Curso del GRAFCET*/  
2  
3  html {  
4      font-family: 'Roboto Slab', serif;  
5  }  
6  
7  body {  
8      margin: 0;  
9      background-color: #rgb(216, 247, 223);  
10 }  
11  
12 header {  
13     background-color: #rgb(43, 100, 56);  
14     color: #white;  
15     padding: 1rem 1.5rem;  
16     margin: 0;  
17 }  
18  
19 header h1 {  
20     font-size: 3rem;  
21     text-align: center;  
22 }  
23  
24 .container {  
25     width: 400px;  
26     margin: 0 auto;  
27 }  
28  
29 section article {  
30     transition: box-shadow 0.5s ease;  
31     background-color: #rgb(245, 252, 187);  
32     margin: 3rem 0;
```

The status bar at the bottom indicates 'Ln 241, Col 2', 'Spaces: 4', 'UTF-8', 'CRLF', and 'CSS'.

Es importante aclarar que todos los archivos que contienen las programaciones y ejecutables de la página web se encuentran en el Apéndice B de este documento.

## **5 Análisis de la participación de los estudiantes en la prueba piloto**

Con la intención de conocer algunos aspectos logísticos en la ejecución del Curso Teórico-práctico de GRAFCET, se realizó una prueba piloto con los 11 estudiantes de los cursos J1A Y J1B de la materia de Accionamientos Eléctricos. Esta prueba fue desarrollada durante las 3 últimas semanas del periodo académico 2022-2. Es importante mencionar que la participación de los estudiantes en la realización de la prueba fue completamente voluntaria.

### **5.1 Etapas de la prueba piloto**

La prueba piloto se dio en tres etapas que se describen a continuación:

#### ***5.1.1 Etapa 1***

En esta primera etapa, se les presentó a los estudiantes el Curso Teórico-práctico de GRAFCET. Se les informó acerca del contenido y la forma en que el curso fue construido. De igual manera, se les dieron las instrucciones para que pudieran acceder al curso en la plataforma Moodle, y se les comunicó que contaban con dos semanas para el estudio y apropiación de los temas de cada módulo.

Durante estas dos semanas los estudiantes no tenían acceso a ninguna actividad evaluativa, ya que el objetivo principal de esta etapa era lograr que la apropiación teórica de los conceptos fuera clara.

#### ***5.1.2 Etapa 2***

La segunda etapa de la prueba piloto correspondió a una actividad de clase en la que se dio a conocer la metodología para desarrollar correctamente cada actividad del Módulo 6 del curso. Esta

metodología establece que el estudiante debe ingresar a la página web donde se encuentran los ejercicios tipo. Una vez se encuentre en la página, el estudiante debe abrir la información del ejercicio tipo que se disponga a solucionar, leer detenidamente el planteamiento del problema y proceder a construir una solución. Esta solución se entrega de manera digital, utilizando el software CADE SIMU o un diagrama dibujado a mano. Cuando el estudiante complete en su totalidad el ejercicio, procede a desarrollar la prueba propuesta. Esta prueba se compone de dos preguntas teóricas y dos específicas del ejercicio tipo.

Durante el desarrollo de esta actividad, los estudiantes también contaron con la presencia del docente para resolver cualquier duda acerca del ejercicio tipo 1. Los 3 ejercicios tipo restantes, así como sus respectivas pruebas, quedaron pendientes para realizar en la siguiente etapa.

### ***5.1.3 Etapa 3***

En la etapa final de la prueba piloto, se llegó a un acuerdo entre el docente y los estudiantes de ampliar una semana más el tiempo para desarrollar los 3 ejercicios tipo restantes. Es decir, cada estudiante dio solución a los diversos ejercicios y resolvió las pruebas asociadas a cada uno de ellos durante esa semana desde casa.

De esta manera se llegó al final de la prueba piloto implementada. Permitiendo recolectar las soluciones propuestas por los estudiantes para cada ejercicio, así como también, los resultados de las pruebas asociadas a los mismos.

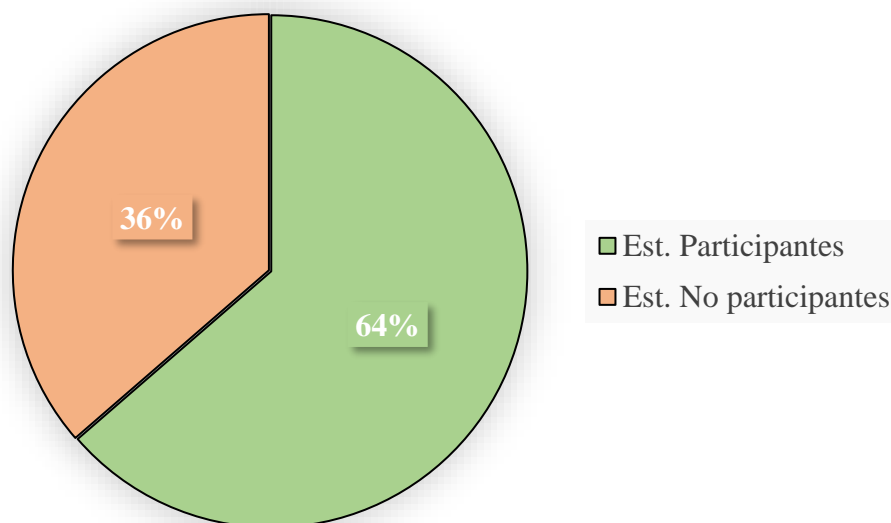
## 5.2 Análisis de resultados

Una vez aplicada la prueba piloto a los estudiantes, se pudo recolectar información que permite conocer la acogida del curso, el nivel de apropiación de los conceptos y la correcta ejecución en el desarrollo de los ejercicios tipo.

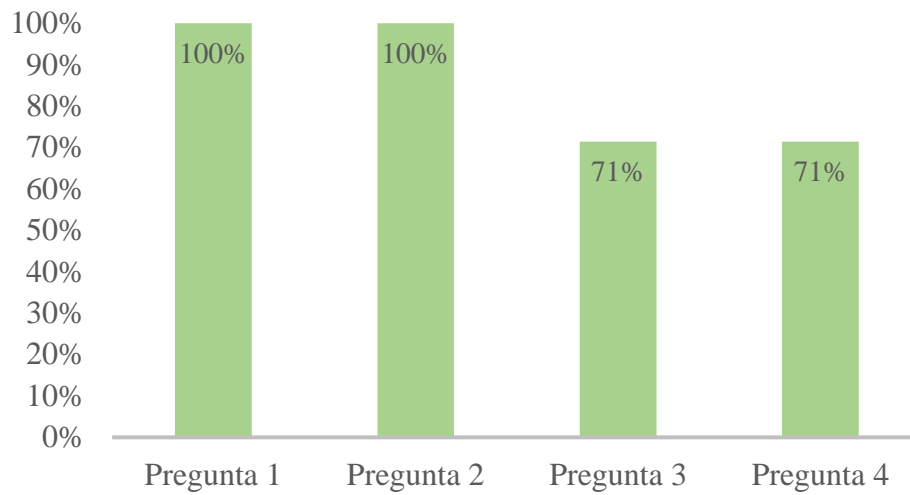
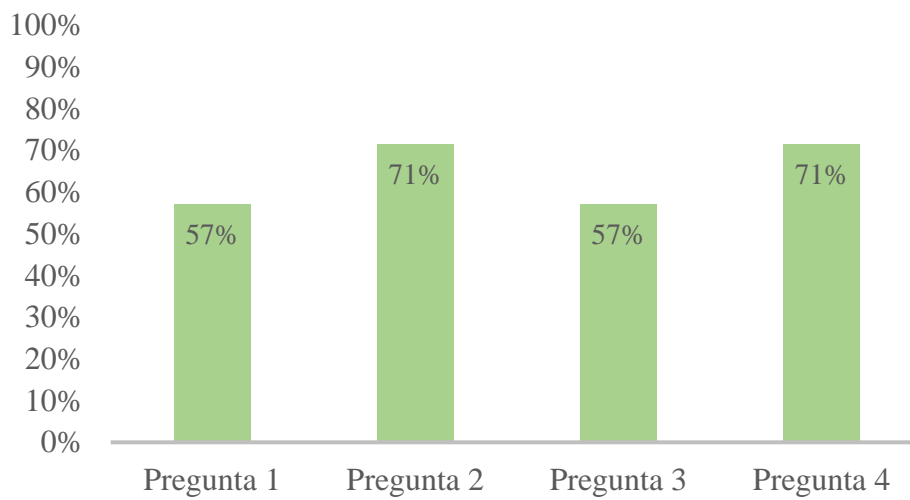
De los once estudiantes matriculados en los cursos J1A y J1B de la materia de Accionamientos Eléctricos, siete de ellos participaron en el desarrollo de la prueba piloto. La Figura 20 ilustra el porcentaje de participación en la prueba piloto.

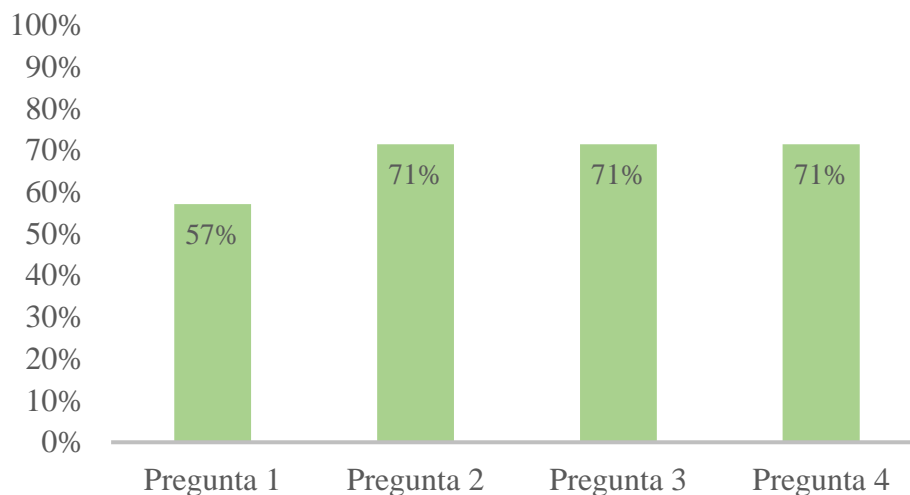
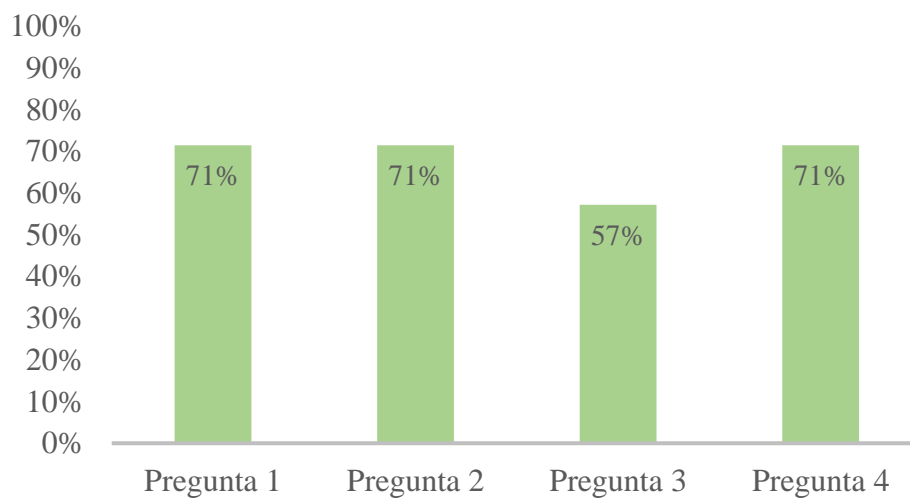
**Figura 20**

*Porcentaje de participación de la prueba piloto*



La medición de la apropiación conceptual del curso se realizó teniendo en cuenta el porcentaje de acierto en las preguntas 1 y 2 de cada prueba. Las figuras 21, 22, 23 y 24 ilustran el porcentaje de acierto en las preguntas de las diferentes pruebas.

**Figura 21***Porcentaje de acierto test 1***Figura 22***Porcentaje de acierto test 2*

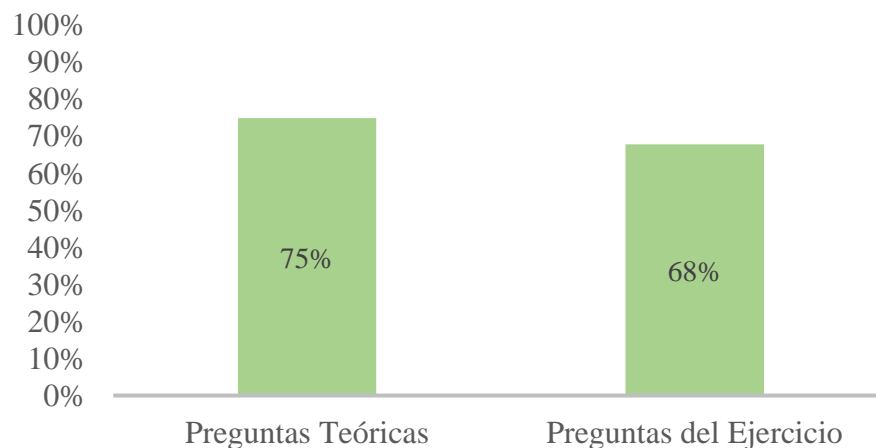
**Figura 23***Porcentaje de acierto test 3***Figura 24***Porcentaje de acierto test 4*

De igual manera, las figuras 21, 22, 23 y 24 también permiten observar el rendimiento de los estudiantes en las preguntas 3 y 4 relacionadas con los ejercicios tipo. Realizando una ponderación de los resultados obtenidos se puede observar un porcentaje de acierto satisfactorio. La Figura 25

muestra el porcentaje de acierto general de las preguntas teóricas y las relacionadas con los ejercicios tipo.

**Figura 25**

*Porcentaje de acierto general*



Con la intención de conocer los resultados cuantitativos de cada estudiante en las diferentes pruebas, se recopilaron los resultados en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Resultados cuantitativos*

Participantes	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Promedio del estudiante
Estudiante 1	5	3,8	5	5	4,7
Estudiante 2	3,8	3,8	5	3,8	4,1
Estudiante 3	5	5	5	5	5,0
Estudiante 4	5	0	0	0	1,3
Estudiante 5	5	5	3,8	5	4,7
Estudiante 6	3,8	0	0	0	0,9
Estudiante 7	2,5	5	5	5	4,4
<b>Promedio General de la prueba</b>	4,3	3,2	3,4	3,4	

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas, se considera que la apropiación de los conceptos es favorable, ya que el 71% de los participantes aprobaron.

Posteriormente, se recolectaron todas las soluciones propuestas por los estudiantes de los ejercicios tipo, (dichas soluciones se encuentran adjuntas en el Apéndice C de este documento). De igual manera, la rúbrica de calificación utilizada para medir las competencias adquiridas por los estudiantes en el desarrollo de los ejercicios tipo se encuentra en el Apéndice C. A partir de estas soluciones se puede establecer que:

Es posible observar que los estudiantes muestran soluciones lineales que contemplan secuencias de apertura y cierre, puntos de decisión OR, bifurcaciones múltiples y retroalimentación. Se destaca que algunos estudiantes identifican correctamente los elementos de entradas y salidas, acciones y transiciones, y desarrollan propuestas de solución de GRAFCET nivel 1 y nivel 2, mientras que otros dejan etapas sin conectar o no contemplan las variantes descritas en el enunciado.

En general, se puede observar una variedad de enfoques y niveles de comprensión en las soluciones presentadas por los estudiantes. En conclusión, se puede decir que las soluciones recolectadas son una buena muestra de cómo los estudiantes abordan los ejercicios de GRAFCET y cómo aplican los conceptos aprendidos en el curso. Además, es importante mencionar que los estudiantes en general tuvieron acceso y pudieron interactuar en la plataforma con los contenidos teórico-prácticos del GRAFCET y son capaces de aplicarlos en situaciones prácticas. El análisis detallado de cada solución permite identificar fortalezas y debilidades en el aprendizaje de los estudiantes y brinda una oportunidad para mejorar la enseñanza de GRAFCET en el futuro.

Un aspecto logístico para mejorar es la necesidad de contar con más tiempo para el desarrollo del curso, ya que, solo uno de los estudiantes entregó las soluciones a los ejercicios tipo en el

software CADE SIMU, los demás manifestaron no contar con el tiempo suficiente para desarrollarlo de esta manera.

## 6 Conclusiones

El “Curso teórico práctico de GRAFCET” se diseñó de manera interactiva en la plataforma Moodle de la universidad, de igual manera, el material audiovisual creado se presenta de forma clara y concisa, con el fin de incentivar la participación de los estudiantes durante todo el desarrollo del curso. Toda la información teórica que componen el contenido del curso fue extraída de fuentes confiables y verificables, para posteriormente ser moldeada en formatos audiovisuales que permitieron la fácil comprensión de los conceptos.

Dentro de la amplia oferta de softwares emuladores simuladores que permiten el modelamiento e implementación de ejercicios usando el lenguaje gráfico de programación GRAFCET, se eligió el emulador simulador CADE SIMU. La razón principal de esta elección obedece a que esta herramienta cumplió con todos los requerimientos establecidos en la Sección 2.3 de este documento, entre los que se encuentran la compatibilidad con equipos, la interfaz amigable, la opción de simulación.

La implementación del “Curso teórico práctico de GRAFCET” a través de la prueba piloto permitió conocer que la apropiación conceptual que tuvieron los estudiantes del contenido del curso fue satisfactoria. De igual manera, de la información recopilada en las soluciones a los ejercicios tipo propuestos, se puede destacar que los estudiantes alcanzaron un nivel óptimo de conocimiento que les permitió aplicarlo en situaciones prácticas.

Del análisis detallado de cada una de las soluciones enviadas y del promedio de calificaciones obtenidas por los estudiantes, se pueden identificar fortalezas y debilidades que contribuyen ampliamente al mejoramiento del proceso de enseñanza.

Una fortaleza que se pudo identificar es que, al ser un módulo educativo adicional carente de calificación en la asignatura, los estudiantes que completan el curso lo hacen por compromiso propio con su aprendizaje, lo que deriva en que el aprendizaje sea de mayor calidad. En cuanto a la debilidad, consideramos que el tiempo de desarrollo del curso debe ser mayor al que se empleó en el desarrollo de esta prueba piloto, ya que fue un poco corto y sobre la recta final del semestre académico, generando así falta de compromiso en algunos estudiantes.

**Referencias Bibliográficas**

- Flores, F. (22 de Julio de 2022). *OpenWebinars*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>
- Jaimés Carvajal, J. A., & Ospino Ravelo, S. A. (2021). *Diseño e implementación de curso virtual autoformativo (MOOC) "Uso de funciones básicas del software Matlab para ingeniería eléctrica" mediante el soporte de la plataforma de gestión de aprendizaje MOODLE*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Jaspe Lombana, R. E., & Mosquera Amaya, A. D. (2007). *GRAFCET APLICADO AL DISEÑO DE AUTOMATISMOS CON PLC S7-200*. Cartagena de indias: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- MDN, C. (29 de Noviembre de 2022). *HTML: Lenguaje de etiquetas de hipertexto*. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>
- Moodle. (26 de Diciembre de 2022). *Acerca de Moodle*. Obtenido de [https://docs.moodle.org/all/es/Acerca\\_de\\_Moodle#Contru.C3.ADdo\\_para\\_el\\_aprendizaje](https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle#Contru.C3.ADdo_para_el_aprendizaje)
- Santos, D. (20 de Agosto de 2022). *Hubspot*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/website/que-es-css>
- Tarazona, B., & Esparza, M. (Enero de 2023). *Curso Grafcet*. Obtenido de <https://youtube.com/@cursografcet>

## Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

**Apéndice A.** Documentos del contenido del curso.

**Apéndice B.** Códigos fuente página web

**Apéndice C.** Soluciones recopiladas ejercicios tipo.