



# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA

## **REPRESENTACIONES DE LÓGICA, CONJUNTOS Y ÁLGEBRA BOOLEANA A TRAVÉS DE UN CUESTIONARIO**

**TESIS**  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRO EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA**

PRESENTA  
**LIC. JUAN HADAD AGUILAR ROMERO**

DIRECTORA  
**DRA. ESTELA DE LOURDES JUÁREZ RUIZ**

CODIRECTOR  
**DR. CARLOS RONDERO GUERRERO**

PUEBLA, PUE.

Marzo 2022



DR. SEVERINO MUÑOZ AGUIRRE  
SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y  
ESTUDIOS DE POSGRADO, FCFM-BUAP  
P R E S E N T E:

Por este medio le informo que el C:

JUAN HADAD AGUILAR ROMERO

Estudiante de la Maestría en Educación Matemática, ha cumplido con las indicaciones que el Jurado le señaló en el Coloquio que se realizó el día 08 de diciembre de 2021, con la tesis titulada:

*“REPRESENTACIONES DE LÓGICA, CONJUNTOS Y ÁLGEBRA BOOLEANA A TRAVÉS DE UN CUESTIONARIO”*

Por lo que se le autoriza a proceder con los trámites y realizar el examen de grado en la fecha que se le asigne.

A T E N T A M E N T E.  
H. Puebla de Z. a 10 de marzo de 2022



DRA. LIDIA AURORA HERNÁNDEZ REBOLLAR  
COORDINADORA DE LA MAESTRÍA  
EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA.

DRA. LAHR/L'agm\*

Facultad  
de Ciencias  
Físico Matemáticas

Av. San Claudio y 18 Sur, edif. FM1  
Ciudad Universitaria, Col. San  
Manuel, Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7550 y 7552

Esta investigación se realizó gracias al financiamiento del  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

De enero de 2020 a diciembre de 2021.

N° de CVU 1035227

Dedicado a mi amada esposa, familia, docentes,  
colegas, estudiantes y a quienes se nos  
adelantaron en el camino.

“No solo la práctica hace al maestro, sino también la enseñanza”

Juan Hadad Aguilar Romero

## Agradecimientos

Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido mediante la beca durante estos años de estudio en la Maestría en Educación Matemática (MEM), impartida en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM) de la BUAP, además del apoyo brindado por la FCFM y la MEM para participar en congresos y eventos nacionales e internacionales.

A mi directora de tesis, Dra. Estela de Lourdes Juárez Ruiz por su dedicación, compromiso, recomendaciones y tomar la batuta de esta investigación. A mi codirector, Dr. Carlos Rondero Guerrero, por sus comentarios, sugerencias, observaciones y por continuar en este proyecto.

A mi jurado de tesis por el tiempo, la revisión, recomendaciones y puntos de vista a este trabajo para su mejora continua, Dra. Lidia Aurora Hernández Rebollar, Dr. Gabriel Kantún Montiel y Dr. Carlos Rondero Guerrero.

A mis docentes por su paciencia, apoyo y vocación, Dra. Estela de Lourdes Juárez Ruiz, Dra. Lidia Aurora Hernández Rebollar, Dra. Araceli Juárez Ramírez, Dr. Leticia Fuchs Gómez, Dr. Gabriel Sánchez Ruíz y Dr. José Antonio Juárez López. A la Lic. Abigail García Martínez por todo su apoyo y al Dr. Bruno D'Amore por la disposición para que se llevara a cabo la entrevista a inicios de esta gran etapa que es la Maestría.

A maestras y maestros por el tiempo dedicado a la evaluación del instrumento, y estudiantes que resolvieron el cuestionario para el desarrollo de este trabajo.

A mi amada esposa, Maestra Guadalupe Yoselin Silva Romero por formar parte de este gran acontecimiento en mi vida, a mis padres Andrea Guadalupe Romero Castro y Moisés Aguilar Palafox, a mis hermanos Andrea Matilde Yihair Aguilar Romero y Moisés Sarhiff Aguilar Romero por su confianza. A la familia consanguínea y no consanguínea con las que se han formado lazos para toda la vida.

A quienes en este recorrido llamado vida se nos adelantaron y aunque desafortunadamente no leerán estas palabras; recordar que sus comentarios, confianza y ánimos contribuyeron a concluir esta etapa.

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| <b>RESUMEN</b> .....  | xii  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | xiii |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 14   |
| <b>CAPÍTULO 1</b>   |      |
| <b>PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....                                | 16   |
| <b>1.1. Antecedentes del Álgebra Booleana</b> .....                           | 17   |
| <b>1.1.1. Lógica</b> .....  | 17   |
| <b>1.1.2. Conjuntos</b> .....   | 19   |
| <b>1.2. El Álgebra Booleana en la sociedad y tecnología</b> .....             | 21   |
| <b>1.3. Álgebra Booleana en el currículo de educación superior</b> .....      | 23   |
| <b>1.4. Dificultades en el álgebra booleana escolar</b> .....                 | 24   |
| <b>1.5. Planteamiento del problema</b> .....                                  | 26   |
| <b>1.6. Pregunta de Investigación</b> .....                                   | 26   |
| <b>1.7. Objetivos</b> .....   | 26   |
| <b>1.7.1. Objetivo General</b> .....  | 26   |
| <b>1.7.2. Objetivos Específicos</b> .....                                     | 26   |
| <b>1.8. Justificación</b> .....   | 27   |
| <b>CAPÍTULO 2</b>   |      |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....  | 29   |
| <b>2.1. Didáctica de la matemática</b> .....                                  | 29   |
| <b>2.1.1. Teoría de Registros de Representaciones Semióticas (TRRS)</b> ..... | 29   |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| <b>2.2.</b> | Álgebra Booleana .....  | 33 |
|             | <b>2.2.1.</b> Expresiones, Compuertas Lógicas, Tabla de Verdad y Mapa de Karnaugh ... | 33 |
| <b>2.3.</b> | Validación de Contenido .....   | 35 |
|             | <b>2.3.1.</b> Juicio de Expertos.....   | 35 |
| <b>2.4.</b> | Confiabilidad .....   | 38 |
|             | <b>2.4.1.</b> Kuder-Richardson 20.....  | 38 |
| <b>2.5.</b> | Análisis de Reactivos .....   | 39 |
|             | <b>2.5.1.</b> Índice de Dificultad .....  | 39 |
|             | <b>2.5.2.</b> Índice de Discriminación.....   | 40 |
|             | <b>2.5.3.</b> Coeficiente de Correlación Biserial Puntual .....                       | 40 |

### **CAPÍTULO 3**

|   |    |
|---|----|
| <b>MÉTODO</b> .....                       | 42 |
| <b>3.1.</b> Tipo de estudio .....         | 42 |
| <b>3.2.</b> Diseño del Cuestionario ..... | 42 |
| <b>3.3.</b> Sujetos e Instrumento .....   | 43 |

### **CAPÍTULO 4**

|  |    |
|--|----|
| <b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....            | 46 |
| <b>4.1.</b> Validación de Contenido .....          | 46 |
| <b>4.2.</b> Consistencia interna instrumento ..... | 47 |
| <b>4.3.</b> Dificultad.....                        | 47 |

|                               |   |               |
|-------------------------------|---|---------------|
| <b>4.4.</b>                   | <b>Discriminación .....</b>                                 | <b>48</b>     |
| <b>4.5.</b>                   | <b>Correlación .....</b>                                    | <b>50</b>     |
| <b>4.6.</b>                   | <b>Actividades Cognitivas.....</b>                          | <b>50</b>     |
| <b>4.7.</b>                   | <b>Ítems .....</b>  | <b>54</b>     |
| <b>4.8.</b>                   | <b>Representaciones Semióticas de los informantes .....</b> | <b>59</b>     |
| <br><b>CONCLUSIONES .....</b> |   | <br><b>61</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>      |   | <b>64</b>     |
| <b>ANEXO.....</b>             |   | <b>69</b>     |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Simbología, operadores y tablas de verdad, ejemplo dos proposiciones.....       | 18 |
| <b>Tabla 2.</b> Diagramas de Venn que representan operaciones entre conjuntos.....              | 20 |
| <b>Tabla 3.</b> Propiedades de las operaciones en conjuntos .....                               | 21 |
| <b>Tabla 4.</b> Población por carrera ciclo 2017-2018 que abordan el AB de la UNAM.....         | 27 |
| <b>Tabla 5.</b> Anuario 2018-2019 BUAP .....  | 28 |
| <b>Tabla 6.</b> Clasificación de los registros semióticos.....                                  | 32 |
| <b>Tabla 7.</b> Leyes del Álgebra Booleana.....   | 34 |
| <b>Tabla 8.</b> Postulado o teorema de cada ley del álgebra booleana .....                      | 34 |
| <b>Tabla 9.</b> Categorías e indicadores que toman en consideración los expertos por ítem ..... | 36 |
| <b>Tabla 10.</b> Formato para validar instrumento.....  | 37 |
| <b>Tabla 11.</b> Descripción del análisis del estadístico <i>KR20</i> .....                     | 38 |
| <b>Tabla 12.</b> Descripción de los índices de dificultad con valores específicos .....         | 39 |
| <b>Tabla 13.</b> Descripción del análisis del índice de dificultad .....                        | 40 |
| <b>Tabla 14.</b> Descripción del análisis del coeficiente de correlación biserial puntual ..... | 41 |
| <b>Tabla 15.</b> Valores del promedio <i>V</i> de Aiken de las tres categorías.....             | 46 |
| <b>Tabla 16.</b> Valores del promedio <i>V</i> de Aiken de las tres categorías.....             | 47 |
| <b>Tabla 17.</b> Registros de Representación Semiótica por tema del cuestionario .....          | 51 |
| <b>Tabla 18.</b> Actividades cognitivas en el instrumento.....                                  | 52 |
| <b>Tabla 19.</b> Representaciones del E8GA e ítems 30, 31 y 32.....                             | 60 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Representaciones semióticas de “un medio” de acuerdo con D’Amore (2009) ..       | 16 |
| <b>Figura 2.</b> Proposiciones simples (arriba), compuesta (abajo) y conjunción ( $\wedge$ )..... | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Conjunto A, conjunto B, operación intersección y resultado de la operación ..... | 19 |
| <b>Figura 4.</b> Operaciones en el sistema binario y usando el 2 del sistema numérico decimal.    | 24 |
| <b>Figura 5.</b> Solución del estudiante de la carrera de Electrónica.....                        | 25 |
| <b>Figura 6.</b> Significante y Significado de Perro .....  | 29 |
| <b>Figura 7.</b> Uso simbología TRRS para un caso particular .....                                | 31 |
| <b>Figura 8.</b> Número del Sistema Numérico Decimal y su equivalente en Binario.....             | 33 |
| <b>Figura 9.</b> Representación Esquema Pictográfico de las compuertas elementales .....          | 34 |
| <b>Figura 10.</b> Diagrama de Conexión, Tabla de Verdad y Expresión Booleana .....                | 35 |
| <b>Figura 11.</b> Equivalencia entre representaciones .....                                       | 35 |
| <b>Figura 12.</b> Ejemplo de uso de los recursos Google Forms .....                               | 44 |
| <b>Figura 13.</b> Criterios para la evaluación de cada ítem .....                                 | 44 |
| <b>Figura 14.</b> Ítem, indicaciones y opciones .....   | 45 |
| <b>Figura 15.</b> Sugerencias a la sección articulación entre los temas.....                      | 46 |
| <b>Figura 16.</b> Resultados del índice de dificultad por ítem.....                               | 48 |
| <b>Figura 17.</b> Índice de Discriminación por ítem.....  | 49 |
| <b>Figura 18.</b> Total de aciertos Grupo A (Azul, continua) y Grupo B (Roja, discontinua) .....  | 49 |
| <b>Figura 19.</b> Coeficiente de correlación biserial puntual por ítem .....                      | 50 |
| <b>Figura 20.</b> Actividades cognitivas que se fomentan por tema.....                            | 53 |
| <b>Figura 21.</b> Pregunta que formó parte de la sexta sección del instrumento .....              | 54 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 22.</b> Porcentaje y total de estudiantes que eligieron la opción a.....                  | 55 |
| <b>Figura 23.</b> Respuesta de los tres estudiantes que eligieron el inciso b del ítem 1 .....      | 56 |
| <b>Figura 24.</b> Ítem 1 con sus opciones, la respuesta es el inciso a (de izquierda a derecha) ... | 56 |
| <b>Figura 25.</b> Porcentaje y total de estudiantes que respondieron el ítem 3 .....                | 57 |
| <b>Figura 26.</b> Respuesta de los estudiantes que desconocían la relación entre los temas.....     | 57 |
| <b>Figura 27.</b> Ítem 3 y sus tres opciones, respuesta inciso c (de izquierda a derecha) .....     | 58 |
| <b>Figura 28.</b> Porcentaje y total de estudiantes que respondieron el ítem 16 .....               | 58 |
| <b>Figura 29.</b> Ítem 16 y sus tres opciones, respuesta inciso b (de izquierda a derecha) .....    | 58 |
| <b>Figura 30.</b> Solución utilizando el registro tabular .....                                     | 59 |
| <b>Figura 31.</b> Representaciones del ítem 14 y 16.....  | 59 |

## RESUMEN

En este trabajo, partiendo de la problemática existente en referencia al aprendizaje de la asignatura del Álgebra Booleana, que se enseña a nivel superior, se consideró de inicio la articulación conceptual con la lógica y los conjuntos, todo lo cual tiene una incidencia en los aprendizajes de los estudiantes. De tal manera que se presentan los resultados de la investigación, resaltando los procesos de diseño, prueba de validación, confiabilidad y análisis de un cuestionario en formato digital. Dicho cuestionario permitió identificar las dificultades cognitivas que surgen en los estudiantes a raíz de las transformaciones que se llevan a cabo entre representaciones presentes de los ítems y sus respectivas respuestas. Como complemento se consideró anexar un apartado para que los estudiantes enviaran sus evidencias, lo que conllevó a identificar las representaciones semióticas que utilizan para solucionar los reactivos del cuestionario. Cada tema consta de ocho ítems y los temas correspondientes son lógica, conjuntos, álgebra booleana y la articulación entre ellos. El proceso de validación se hizo por medio de un juicio de cinco expertos aplicando el estadístico V de Aiken para probar la validez del instrumento. La confiabilidad se probó mediante el cálculo del estadístico Kuder-Richardson 20. Para el análisis de reactivos se utilizaron los estadísticos índices de dificultad, índice de discriminación, coeficiente de correlación biserial puntual. El grupo piloto al que se le implementó el cuestionario constó de setenta y un estudiantes de Electrónica y Mecatrónica de nivel superior. Se realizó un análisis de tipo cuantitativo de las respuestas de los estudiantes. Para el análisis y descripción de las actividades cognitivas se consideraron los aportes de la teoría de registros y representaciones semióticas de Duval.

**Palabras-clave:** Diseño de cuestionarios, validez de contenido, Kuder-Richardson 20, representaciones semióticas

## **ABSTRACT**

In this work, starting from the existing problem in reference to the learning of the subject of Boolean Algebra, which is taught at a higher level, the conceptual articulation with logic and sets was considered from the beginning, all of which has an incidence in the students' learning. Thus, the results of the research are presented, highlighting the processes of design, validation test, reliability, and analysis of a questionnaire in digital format. This questionnaire made it possible to identify the cognitive difficulties that arise in students as a result of the transformations that take place between the present representations of the items and their respective answers. As a complement, a section was added for students to send their evidence, which led to identify the semiotic representations they use to solve the items of the questionnaire. Each topic consists of eight items and the corresponding topics are logic, sets, Boolean algebra and the articulation between them. The validation process was done by means of a judgment of five experts applying Aiken's V statistic to test the validity of the instrument. Reliability was tested by calculating the Kuder-Richardson 20 statistic. For item analysis, the difficulty index, discrimination index, point biserial correlation coefficient statistics were used. The pilot group to which the questionnaire was implemented consisted of seventy-one high level Electronics and Mechatronics students. A quantitative analysis of the students' responses was carried out. For the analysis and description of the cognitive activities, the contributions of Duval's theory of semiotic registers and representations were considered.

**Keywords:** Questionnaire design, content validity, Kuder-Richardson 20, semiotic representations

## INTRODUCCIÓN

Una actividad habitual por los docentes, en las diversas asignaturas de matemáticas, es la gestión de representaciones en distintos registros. Sin embargo, para el estudiante resulta un proceso que puede tornarse complejo, debido a la naturaleza de cada representación, incluso si se trata de representaciones del mismo objeto matemático. Además, se puede destacar que aunque las transformaciones sean por tratamiento o conversión, ya en sí son consideradas fuentes de incomprensión, lo que conlleva a que existan diferentes dificultades cognitivas durante el proceso matemático (Duval, 2016).

En nivel superior, específicamente en carreras como Electrónica y Mecatrónica, existe una articulación de saberes entre diferentes asignaturas, de las cuales se pueden destacar la de matemáticas elementales y sistemas digitales combinatoriales. En la primera, para algunos estudiantes resulta ser el primer acercamiento a las unidades de aprendizaje, tales como lógica y conjuntos; asimismo en las representaciones semióticas en escritura formal en lógica y conjuntos, las tablas de verdad y pertenencia, operaciones entre conjuntos y proposiciones, además de los diagramas de Venn. En la segunda, se encuentran unidades de aprendizaje como el álgebra booleana (AB), que es un tema al que le anteceden histórica y teóricamente, los aportes de la lógica y conjuntos. No obstante, aun cuando existe una interrelación entre saberes presentes en diferentes temas en el nivel superior, esto no garantiza que se lleve a cabo una adecuada articulación conceptual durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas (Rondero et al., 2013).

Es por ello, que surgió la necesidad de diseñar y elaborar un instrumento que permitiera identificar las dificultades cognitivas, así como las representaciones que utilizan estudiantes de las carreras de Electrónica y Mecatrónica durante la solución de ítems de AB, considerando a su vez ítems de lógica y conjuntos, además de un apartado donde se articulan los tres temas. Por lo que, el presente trabajo de investigación describe el proceso de elaboración de un cuestionario válido y confiable, que pueda ser utilizado en diferentes instituciones de nivel superior que aborden unidades de aprendizaje similares (Aguilar-Romero y Juárez-Ruiz, 2022).

Adicionalmente para el análisis de las actividades cognitivas que conforman el cuestionario y las evidencias tras la recolección de datos, se considera como marco teórico la teoría de registros de representación semiótica, así como la clasificación de registros semióticos (CRS) de

Duval, para identificar las transformaciones que se fomentan en el cuestionario, considerando el fenómeno de congruencia que se presenta, debido a las características de cada representación de partida y llegada. Cabe destacar que la CRS, “proporciona las herramientas para analizar la actividad matemática y para identificar la raíz de los problemas con la comprensión matemática y no solo sobre la comprensión de tal y tal concepto que muchos estudiantes tienen” (Duval, 2016, p.72).

Esta investigación se compone de cuatro capítulos que se describen a continuación.

En el primer capítulo, se presenta el *Planteamiento de la Investigación*. El propósito en este apartado es describir de manera breve los antecedentes teóricos del álgebra booleana (AB), los cuales son la lógica y los conjuntos, debido a que los conceptos que se establecen en AB se fundamentan en ambas áreas del conocimiento matemático. También, se destaca el impacto que tiene el álgebra booleana de forma indirecta en la tecnología y la sociedad. Además, se remarca que el AB, juega un papel fundamental en las asignaturas incluidas en diferentes carreras de nivel superior, para este caso particular, se considera el plan de estudios de la carrera de Electrónica así como las dificultades reportadas en el aprendizaje del AB escolar. A partir de tales consideraciones, se tiene un panorama amplio para así proponer: el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, los objetivos y justificación.

En el segundo capítulo, se presenta el *Marco Teórico*, el cual se divide en tres partes referidas a las temáticas: i) Didáctica de la matemática (teoría de registros de representación semiótica), ii) Matemáticas (AB), y iii) la consistencia interna de los ítems y el instrumento (validez y confiabilidad).

En el tercer capítulo, con nombre *Método* se describe la estructura del instrumento, su formato original y el que se implementó, los sujetos a los que se les aplicó la prueba considerando los aportes teóricos que hay para juicio de expertos y grupo piloto.

En el último capítulo, *Análisis de los resultados* se presentan los resultados, dividiéndolos en tres partes, los resultados del juicio por expertos (validación de contenido), de la aplicación del instrumento al grupo piloto (confiabilidad), el análisis de los ítems, de las actividades cognitivas del instrumento y las evidencias (transformaciones en la actividad matemática, específicamente en el AB).

Finalmente se muestran las *conclusiones, referencias* y un Anexo.

## CAPÍTULO 1

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el proceso de enseñanza de las matemáticas, sea nivel básico o superior, en la Educación Matemática se destaca el papel que tienen las representaciones en el tratamiento y aprendizaje de los objetos matemáticos. Las formas de representar un objeto matemático son múltiples, cada una con características muy definidas; transitar entre representaciones resulta una actividad difícil cuando se lleva a cabo la solución de un ejercicio sobre matemáticas, de hecho, lo mismo sucede aunque las representaciones tengan características semejantes. Por lo que, en primera instancia, son factores que originan distintas dificultades durante la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Un ejemplo, de acuerdo con D'Amore y Fandiño Pinilla (2012a), es en el que “un medio” se puede representar, como:  $\frac{1}{2}$ ,  $5 \times 10^{-1}$ , 0.5. Pero estas formas de representar no son únicas; pueden depender del contexto, nivel académico o experiencia del docente. En la Figura 1, se muestran tres representaciones más de “un medio” con distintas características.

#### Figura 1

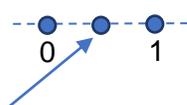
*Representaciones semióticas de “un medio” de acuerdo con D'Amore (2009)*

##### Representación 1



Esquema Pictográfico

##### Representación 2



Figural

##### Representación 3

$$\{x \in Q^+ | 2x - 1 = 0\}$$

Escritura de la teoría conjuntista

Como docentes, la gestión de representaciones es una actividad considerada sencilla; quizás por la madurez, experiencia o formación. Sin embargo, para un estudiante resulta un proceso complicado, dado que las características o naturaleza de cada representación suele diferir una de otra (D'Amore, 2012b). En el caso anterior, se nota que no hay una relación directa entre el esquema pictográfico y el figural, sobre todo si entre la explicación de manera oral entre representaciones, se agrega u omite un término que no sea explícito para el estudiante.

Así como se encuentran una gran variedad de representaciones en la actividad matemática, se considera que sucede lo mismo en las pruebas que se implementan en el salón de clase e incluso fuera de él; mediante una actividad, tarea o ejercicio.

Esta investigación se divide en cuatro partes, que destacan los elementos que dan origen a la problemática de este trabajo sobre el Álgebra Booleana (AB), tema que se imparte en carreras de nivel superior como Electrónica, Mecatrónica, Sistemas Automotrices, Computación, Sistemas Computacionales, Tecnologías de la Información y Comunicación e Informática.

En la primera parte se realizará una breve descripción de los temas que anteceden al AB, como son, Lógica y Conjuntos, en los que se mencionan las representaciones que se utilizan. Segundo, la influencia que tiene de forma indirecta el AB en la sociedad y tecnología, es decir, el impacto que tiene en la actualidad. Tercero, se toma como referencia los planes de estudio recientes de las carreras de Electrónica y Mecatrónica, para destacar la relevancia del AB en la formación de estudiantes de dichas carreras. Por último, se describen las dificultades reportadas en la literatura con respecto al Álgebra Booleana en distintos niveles de educación.

## **1.1. Antecedentes del Álgebra Booleana**

### **1.1.1. Lógica**

La lógica es una ciencia formal cuyo “objeto de estudio son los distintos principios de demostración que permiten comprobar que una afirmación pueda ser considerada como válida” (Villalpando y García, 2014, p.20) o inválida.

Un elemento importante de la lógica son las *proposiciones lógicas* o enunciados. De acuerdo con Villalpando y García (2014, p. 21) se clasifican en dos: proposiciones simples y proposiciones compuestas. La proposición simple está dada por una única oración, mientras que una proposición compuesta se constituye por dos o más proposiciones simples que se unen mediante operadores lógicos. En la Figura 2 se muestra el resultado de ocupar el operador lógico conjunción en dos proposiciones simples que conllevan a una oración compuesta.

Durante el proceso de traducción de las proposiciones lógicas a un lenguaje simbólico, las letras que se utilizan son  $p$ ,  $q$  y  $r$  que se combinan con operadores lógicos; en conjunto forman parte de la escritura formal de la lógica. Los símbolos que representan a la disyunción, conjunción, negación, condicional y bicondicional, son respectivamente:  $\vee$ ,  $\wedge$ ,  $\sim$ ,  $\rightarrow$ ,  $\leftrightarrow$ . Cada uno de estos operadores tiene características y resultados distintos.

**Figura 2**

*Proposiciones simples (arriba), compuesta (abajo) y conjunción ( $\wedge$ )*

|   |
|---|
| $p$ : Juan es de Tecamachalco<br>$q$ : Juan es Maestro de matemáticas<br>Juan es de Tecamachalco y Maestro de Matemáticas<br>$p \wedge q$ |
|---|

Son dos los valores para una proposición simple, verdadero o falso. Para el caso de una proposición compuesta su valor y número de combinaciones dependerá de la cantidad de proposiciones simples que la componen y el valor variará a su vez por los tipos de operadores lógicos que se utilicen.

El formato más usado de la tabla de verdad es el propuesto por Ludwig Josef Johann Wittgenstein, quien considera para su diseño el uso de la simbología y letras de la lógica. El número de combinaciones posibles dependerá de la operación  $2^n$ ; donde  $n$  representa el número de proposiciones simples involucradas, es decir, si se tienen dos proposiciones se obtendría la operación  $2^2$ , lo que indica que el número de combinaciones posibles será de cuatro. En la Tabla 1 se muestran las tablas de verdad para dos proposiciones simples, con sus respectivos operadores lógicos.

**Tabla 1**

*Simbología, operadores y tablas de verdad en lógica, ejemplo con dos proposiciones*

| <b>Tabla de verdad de diferentes operadores lógicos</b> |     |                                 |          |                |                |              |            |                   |                       |
|---|-----|---------------------------------|----------|----------------|----------------|--------------|------------|-------------------|-----------------------|
| <b>Proposiciones simples</b>                            |     | <b>Proposiciones compuestas</b> |          |                |                |              |            |                   |                       |
| $p$   | $q$ | $\sim p$                        | $\sim q$ | $\sim(\sim p)$ | $\sim(\sim q)$ | $p \wedge q$ | $p \vee q$ | $p \rightarrow q$ | $p \leftrightarrow q$ |
| V   | V   | F                               | F        | V              | V              | V            | V          | V                 | V                     |
| V   | F   | F                               | V        | V              | F              | F            | V          | F                 | F                     |
| F   | V   | V                               | F        | F              | V              | F            | V          | V                 | F                     |
| F   | F   | V                               | V        | F              | F              | F            | F          | V                 | V                     |

*Fuente:* Elaboración propia

La negación ( $\sim$ ) de una proposición falsa será verdadera y cuando la proposición es verdadera será falsa. La doble negación  $\sim(\sim)$  de una proposición es el valor inicial de la proposición. El valor de la conjunción ( $\wedge$ ) de dos proposiciones simples está determinado por la siguiente norma: el valor será verdadero siempre y cuando ambas proposiciones simples sean

verdaderas, en otros casos será falsa. Los valores de una disyunción ( $\vee$ ) de dos proposiciones simples serán verdaderos siempre y cuando una de sus premisas sea verdadera, en otros casos es falsa. Una proposición condicional ( $\rightarrow$ ) será falsa cuando la primera proposición sea verdadera y la segunda proposición sea falsa, en otros casos será verdadera. Para las proposiciones bicondicionales o equivalentes ( $\leftrightarrow$ ) su valor es verdadero sí y solo sí ambos valores de las premisas son iguales.

Por lo tanto, en Lógica están presentes las representaciones tablas de verdad, escritura formal mediante el uso de símbolos, además del lenguaje natural cuando se escribe y describe a cada operador lógico.

### 1.1.2. Conjuntos

Con respecto a un conjunto, es aquel que está compuesto por elementos o una colección de objetos (Jiménez, 2015). La simbología que se ocupa para agrupar a los objetos que lo componen son las llaves ( $\{ \}$ ), como ejemplo:  $A = \{2,3,4,5\}$ , es decir, que el conjunto  $A$  se compone de cuatro elementos que son: 2, 3, 4 y 5.

El conjunto de los números enteros se compone de los números positivos y negativos incluyendo el cero. Otro caso en que se pueden representar los números racionales es considerando que dentro de este conjunto  $a$  y  $b$  que pertenecen a los números enteros ( $\mathbb{Z}$ ) que  $b \neq 0$  ( $b$  diferente de 0).

A los conjuntos, al igual que a los números, se les pueden realizar operaciones, y del mismo modo que operaciones entre números dan números, las operaciones entre conjuntos dan otros conjuntos. Algunas de las operaciones que se pueden realizar entre conjuntos son: *unión*, *intersección*, *diferencia* y *complemento*, la simbología que se utiliza para representar respectivamente a estas operaciones son:  $\cup$ ,  $\cap$ ,  $-$  y  $'$ . En la Figura 3 se muestra un ejemplo de la intersección entre dos conjuntos y su resultado, donde  $A$  se compone de cuatro elementos al igual que  $B$ , para el resultado se tiene un elemento.

#### Figura 3

Conjunto  $A$ , conjunto  $B$ , operación intersección y resultado de la operación

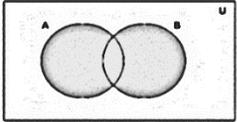
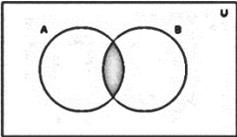
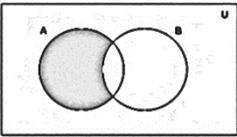
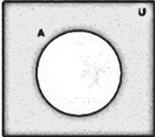
|   |
|---|
| $A = \{17,18,19,20\}$ $B = \{10,15,20,25\}$ $A \cap B = \{20\}$ |
|---|

En el ejemplo anterior se presenta un caso en el que el número que comparten en común es el 20, es decir, la intersección es aquella operación que considera los elementos coincidentes que tienen, para este caso particular, los conjuntos  $A$  y  $B$ .

Existe otro esquema pictográfico para representar los conjuntos, conocido como Diagrama de Venn y cada una de las operaciones se puede representar mediante él, en la Tabla 2 se muestran ejemplos de diagramas de Venn para uno y dos conjuntos.

**Tabla 2**

*Diagramas de Venn que representan operaciones entre conjuntos*

| <b>Operación</b>    | <b>Uso simbología</b> | <b>Diagrama de Venn</b>   |
|---------------------|-----------------------|---|
| <b>Unión</b>        | $A \cup B$            |    |
| <b>Intersección</b> | $A \cap B$            |   |
| <b>Diferencia</b>   | $A - B$               |  |
| <b>Complemento</b>  | $A'$                  |  |

*Fuente:* Elaboración propia

A partir de las operaciones que se pueden hacer entre conjuntos, estas a su vez se regirán de ciertas propiedades, considerando a  $U$  como el universo y para el caso específico, los siguientes tres conjuntos  $A$ ,  $B$  y  $C$ , dichas propiedades se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3***Propiedades de las operaciones en conjuntos*

| <b>Operaciones en conjunto</b>                   | <b>Nombre</b>         |
|--|-----------------------|
| $A \cup B = B \cup A$                            | Leyes Conmutativas    |
| $A \cap B = B \cap A$                            |                       |
| $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$          | Leyes Asociativas     |
| $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$          |                       |
| $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ | Leyes Distributivas   |
| $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$ |                       |
| $(A \cup B)' = A' \cap B'$                       | Leyes de D'Morgan     |
| $(A \cap B)' = A' \cup B'$                       |                       |
| $A \cup \emptyset = A$                           | Leyes identidad       |
| $A \cap U = A$                                   |                       |
| $A \cup A' = U$                                  | Leyes del complemento |
| $A \cap A' = \emptyset$                          |                       |
| $(A')' = A$                                      | Ley de involución     |
| $A \cup A = A$                                   | Leyes de idempotencia |
| $A \cap A = A$                                   |                       |
| $A \cup U = U$                                   | Leyes de acotación    |
| $A \cap \emptyset = \emptyset$                   |                       |
| $A \cup (A \cap B) = A$                          | Leyes de absorción    |
| $A \cap (A \cup B) = A$                          |                       |

*Fuente:* Elaboración propia

Además de los símbolos que se utilizan en la escritura formal de Conjuntos y los Diagramas de Venn, se anexa la tabla de las leyes que rigen cada operación entre conjuntos, para mostrar cómo esta actividad se lleva a cabo mediante las mismas representaciones.

## 1.2. El Álgebra Booleana en la sociedad y tecnología

El AB en la sociedad se conoce a partir de sus principios aplicados, como es en los dispositivos digitales e incluso en algunas plataformas digitales como son los buscadores más conocidos o los que utilizan las bibliotecas en línea donde hemos visto estos términos en el que nos podemos percatar de dos: AND y OR.

Una de las herramientas digitales por excelencia desde hace algunos años es la computadora, su diseño básico es a partir de los principios del AB. Este dispositivo digital opera con el sistema numérico binario y cuenta con elementos conocidos como compuertas, las cuales son: AND, OR y NOT, que “tienen una función perfectamente determinada e inalterable” (Cedano et al., 2014, p. 155). Hoy en día, es notable la importancia de la computación, siendo imposible no contar con esta en las empresas, industrias, hogares o escuelas, debido a su aplicación en distintos sectores como la *informática*, *cibernética*, *telemática*, *robótica*, *mecatrónica* y *nanotecnología*, cada uno de estos con propósitos diferentes como promover la seguridad, comunicación, desarrollo y avance en la sociedad.

En el caso del AB en la tecnología, se destaca primero el de la electrónica, específicamente en la FPGA (siglas de field-programmable gate array), un caso es en el procesamiento de imágenes y señales, aunque existan otros métodos lo usan como una referencia para tener idea de lo que se hará, un ejemplo puede ser la...

General functional decomposition has been gaining more and more importance in recent years. Though it is mainly perceived as a method of logic synthesis for implementation of Boolean functions into FPGA-based architectures, it has found application in many other fields of modern engineering and science (Tomaszewicz et al., 2007, p.141).

En optoelectrónica de alta velocidad se tiene una propuesta óptica, en ella se tiene como referencia el AB, permitiendo también ser un modelo que se puede modificar, o tomarlo como referencia y de cierta manera mejorarlo.

Since only one high-speed modulator is necessary to implement a Boolean operator, the cost and complexity of the gate is minimized. Multiple optical logical elements can be integrated on a single chip. These optical logical elements can be connected with a waveguide switching mesh to enable complex logical functionality (Fetterman, 2009, p.1740).

Para el área de comunicaciones, el AB inspira a desarrollar nuevos métodos que permita reducir el tamaño de los dispositivos debido a que para poder sustituirlo, es esencial saber las limitantes de lo que se piensa cambiar o modificar, sin embargo...

Do other design approaches have higher energy efficiency limits than Boolean logic? Reversible logic gate families do, in fact, have higher limits, both for classical computing (bits defined as 0s and 1s) and quantum computing (quantum bits [qubits] defined by a

bit value, a phase from 0 to  $2\pi$ , and including entanglement with other qubits). However, no reversible technology demonstrations have come close to Boolean logic in practicality (Debenedictis, 2016, p.81).

### **1.3. Álgebra Booleana en el currículo de educación superior**

De acuerdo con el plan de estudios semestral de las carreras de Electrónica y Mecatrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) que está disponible en la página Web de la Facultad de Ciencias de la Electrónica, este se encuentra dividido en dos niveles. El primero es el básico y el segundo es el formativo. Ambos niveles están compuestos por distintas áreas como formación general universitaria, ciencias básicas, sistemas, integración disciplinaria, práctica profesional crítica, integradoras DESIT, integradoras disciplinarias, aplicaciones, optativas disciplinarias y complementarias.

En una de las categorías se halla la asignatura denominada Sistemas Digitales Combinacionales (SDC). De acuerdo con el temario de esta asignatura, hay una unidad de aprendizaje denominada “AB y representación de funciones lógicas”. Esta se desglosa ordenadamente de la siguiente forma: axiomas, teoremas, formas canónicas, representación de funciones booleanas (con interruptores, diagramas de Venn, compuertas, tabla de verdad), implementación de funciones booleanas con lógica mezclada y análisis de circuitos con lógica mezclada. Cabe destacar que en la unidad siguiente está presente el tema de mapas de Karnaugh. Por lo que, es necesario resaltar la importancia que tienen estos temas para la elaboración de circuitos lógicos (Rey, 2013).

Los temas correspondientes a la unidad de aprendizaje AB y representación de funciones lógicas son necesarios para la comprensión de temas posteriores. Según Harris y Harris (2013), las aplicaciones del AB están presentes en el diseño lógico secuencial, el lenguaje de descripción de hardware (VHDL) y bloques de construcción digital. Dichos subtemas están presentes en asignaturas posteriores a la de SDC, las cuales son sistemas digitales secuenciales y arquitectura de computadoras. En consecuencia, serán necesarios para la comprensión de futuras unidades.

Si bien se han mencionado las asignaturas que le preceden, a su vez hay una que le antecede, la cual es Matemáticas Elementales. De acuerdo con el plan de estudios de esta asignatura, los subtemas de las unidades de aprendizaje Lógica y Conjuntos son: definición de proposiciones lógicas, tablas de verdad, conjuntos, propiedades de conjuntos, operaciones con conjuntos. Por

consiguiente, se retoma la idea de considerar los antecedentes teóricos y sus representaciones del AB, así como el plan de estudios de las carreras de Electrónica y Mecatrónica.

#### 1.4. Dificultades en el álgebra booleana escolar

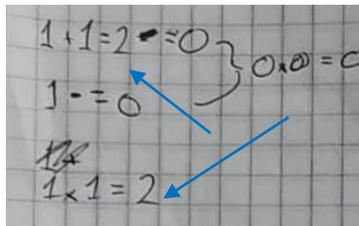
Las problemáticas reportadas en la literatura sobre la aprehensión de las diferentes representaciones que se gestionan en el tema de AB, específicamente la escolar, se destacan a continuación.

El AB utiliza para su operación el Sistema Numérico Binario (SNB), el cual se compone por dos valores: uno y cero. Según Franco (2008) “hay 10 tipos de personas, los que entienden el código binario y los que no” (p. 110). De hecho es Franco (2008) quien menciona que aun cuando existan recursos didácticos para solucionar ejercicios referentes al SNB, también hay “dificultades para su comprensión, enseñanza y aprendizaje” (p. 119).

El procedimiento que se muestra en la Figura 4 es un ejemplo de algunas de las dificultades que se presentan con el uso del SNB, corresponde a un ejercicio implementado durante una entrevista clínica realizada a un estudiante de la carrera técnica de electrónica. El problema consistió en hallar la tabla de verdad de la expresión booleana:  $z = xy + x'$ . Se observa el uso de un número del sistema numérico decimal (Aguilar-Romero, 2020), problema que señala también Herman et al. (2011) con respecto al sistema numérico que se utiliza en el AB.

#### Figura 4

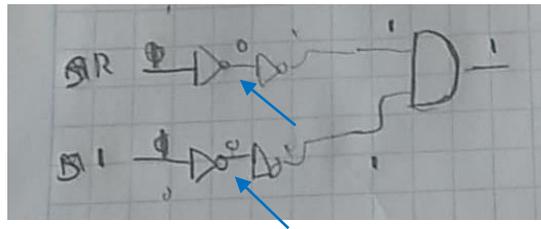
*Operaciones en el sistema binario y usando el 2 del sistema numérico decimal*



Como menciona Herman et al. (2012) el conocimiento de las leyes de simplificación de expresiones booleanas permite reducir la cantidad de operaciones. En caso contrario, se utilizarían más compuertas, como el caso que se muestra en la Figura 5, dificultad que se presentó durante la solución de un ejercicio textual que se implementó durante la entrevista clínica en la que se destaca la falta del uso de las leyes de simplificación de expresiones booleanas (Aguilar-Romero, 2021).

### Figura 5

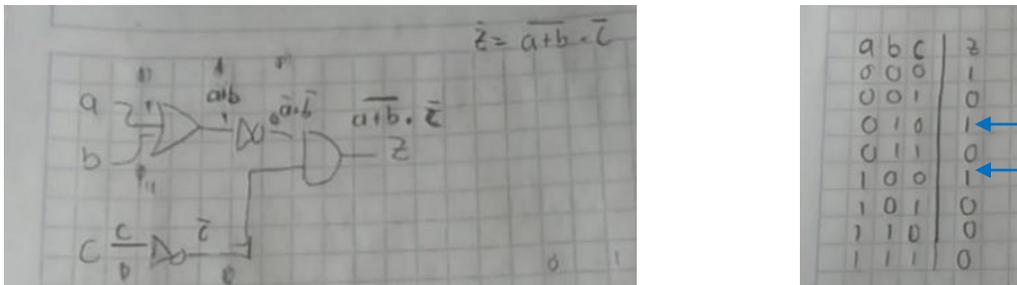
Solución del estudiante de la carrera de Electrónica



El uso de diferentes representaciones es común en los ejercicios planteados en la unidad de álgebra booleana. Un ejemplo se muestra en la Figura 6, el cual consiste en hallar la expresión a partir del diagrama de conexión de compuertas lógicas, hallar la tabla de verdad a partir de la expresión booleana y comprobar la relación entre las tres presentaciones. Se muestra que el alumno no se percató del error en dos combinaciones, aun cuando podría comparar los valores de salida con las otras dos representaciones.

### Figura 6

Las combinaciones  $a=0, b=1, c=0$  o  $a=1, b=0, c=0$  no coinciden con el valor de  $z$



Según Herman y Handzik (2010) una de las dificultades que presentan los estudiantes es no identificar la equivalencia entre la Or Exclusiva (XOR) con otras compuertas, aun cuando la expresión booleana que la representa es:  $\bar{a}b + a\bar{b}$ . De manera que, la XOR está compuesta por las tres compuertas básicas AND, OR y NOT, sin embargo los estudiantes lo desconocen.

Entre las herramientas que se abordan en el AB escolar, se encuentran la tabla de verdad y el mapa de Karnaugh. El primero, permite hallar una expresión booleana a partir del número de combinaciones y cantidad de unos o ceros. El segundo, permite simplificar expresiones booleanas. A pesar de que, una se deriva de otra, los estudiantes tienen la dificultad de no establecer una relación entre ambas (Longino et al., 2006).

## **1.5. Planteamiento del problema**

Se considera que a partir de las dificultades descritas y reportadas en la literatura, es necesario que se tomen en cuenta los recursos teóricos y conceptuales que se abordan en el nivel superior sobre AB, así como los temas de Lógica y Conjuntos; específicamente los que están vinculados con los del AB.

Cabe destacar que el aprendizaje adecuado de los teoremas, axiomas, leyes, tablas de verdad, mapas de Karnaugh, entre otras herramientas del AB, conllevan a simplificar expresiones booleanas. De acuerdo con Rey (2013) esto “en la práctica, resulta útil para abaratar costos en el armado de circuitos o para optimizar el tiempo empleado al efectuar una actividad ya que podemos obtener una expresión booleana equivalente pero más corta” (p. 23). Por estas razones, se considera necesario identificar las dificultades durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como en la solución de ejercicios sobre AB, dado que esto resultaría positivo para esta y otras áreas, lo que permite plantear la siguiente pregunta de investigación.

## **1.6. Pregunta de Investigación**

¿Qué dificultades cognitivas y representaciones evidencian los estudiantes de las carreras de Electrónica y Mecatrónica durante la solución de ejercicios sobre álgebra booleana mediante un instrumento válido y confiable?

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Analizar las dificultades cognitivas y representaciones que evidencian estudiantes de las carreras de Electrónica y Mecatrónica sobre lógica, conjuntos y álgebra booleana, por medio del diseño de un instrumento válido y confiable.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar un instrumento sobre lógica, conjuntos y álgebra booleana considerando sus antecedentes teóricos para su elaboración.
- Validar el instrumento mediante un juicio de expertos.
- Analizar la confiabilidad del instrumento.
- Identificar las dificultades cognitivas y representaciones realizadas por los estudiantes después de la implementación del instrumento para su interpretación y descripción.

## 1.8. Justificación

Uno de los ejes o unidades en planes de estudios de carreras como: Electrónica, Informática, Sistemas Computacionales, Computación, Tecnologías de la Información y Comunicaciones y Programación es el AB. Si se toman en cuenta los percances reportados durante la comprensión y solución de ejercicios de AB, se podría considerar que probablemente habrá más estudiantes que muestren una o más dificultades. Por lo tanto, el identificarlas se vuelve significativo, dado que como docentes podemos estar omitiendo este y otros factores.

Para tener una noción de la cantidad de estudiantes que abordan este y otros temas relacionados con el AB, se toman en consideración los estadísticos poblacionales de las carreras mencionadas que se encuentran disponibles al público en sus respectivos portales que manejan dicha información. Para la justificación de esta investigación se toman como referencia dos instituciones públicas. La población escolar de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) del ciclo escolar 2017-2018 que abordan el tema de AB se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Población por carrera ciclo 2017-2018 que abordan el AB de la UNAM*

| <b>Ubicación</b>        | <b>Carrera</b>   | <b>Total</b>  |
|-------------------------|--|---------------|
| Facultad de Ingenierías | Ingeniería Eléctrica Electrónica                         | 1,381         |
|                         | Ingeniería Mecatrónica                                   | 687           |
|                         | Ingeniería Computación                                   | 2,224         |
|                         | Ingeniería en Telecomunicaciones                         | 351           |
| FES Acatlán             | Licenciatura Matemáticas aplicadas y computación         | 1,449         |
| Facultad de Ciencias    | Licenciatura Ciencias de la Computación                  | 530           |
| FES Aragón              | Ingeniería Eléctrica Electrónica                         | 671           |
|                         | Ingeniería en Computación                                | 1,240         |
| FES Cuautitlán          | Licenciatura Informática                                 | 738           |
|                         | Ingeniería en Telecomunicaciones, sistemas y electrónica | 748           |
|                         | Licenciatura Tecnología                                  | 34            |
| <b>TOTAL</b>            |  | <b>10,053</b> |

*Fuente:* Elaboración propia

Para el caso de la BUAP, el total de población en las carreras que en sus planes de estudio se aborda el AB, se presentan las estadísticas de nuevo ingreso y reingreso del ciclo 2018-2019 en la Tabla 5.

**Tabla 5***Anuario 2018-2019 BUAP*

| <b>Ubicación</b>                       | <b>Carrera</b>                              | <b>Total</b> |
|--|---|--------------|
| Facultad de Ciencias de la Computación | Licenciatura en Ciencias de la Computación  | 535          |
|  | Ingeniería en Ciencias de la Computación    | 1,943        |
|  | Ingeniería en Tecnologías de la Información | 562          |
| Facultad de Ciencias de la Electrónica | Licenciatura en Ciencias de la Electrónica  | 581          |
|  | Ingeniería en Mecatrónica                   | 1,458        |
|  | Ingeniería en Energías Renovables           | 373          |
|  | Ingeniería en Sistemas Automotrices         | 679          |
| Campus Regional San José Chiapa        | Ingeniería en Automatización y Autotróica   | 127          |
| <b>TOTAL</b>                           |   | <b>6,258</b> |

*Fuente:* Elaboración propia

Por lo que, en el periodo comprendido entre el 2017-2019 hubo un total de 16,311 estudiantes entre ambas universidades, que en su formación y proceso de enseñanza-aprendizaje abordaron el AB. En consecuencia, se podría considerar que el AB tiene relevancia por una parte de carácter formativo en diferentes carreras tales como la Electrónica, Mecatrónica, Sistemas Computacionales, Informática o Programación; por otro de índole cognitivo, debido a la articulación entre los temas de lógica, conjuntos y AB, con un gran número de representaciones por cada asignatura.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

Esta parte del trabajo se divide en tres dimensiones. La primera, trata de describir las representaciones que se utilizan en AB mediante un breve recorrido teórico del mismo. La segunda, procura explicar las características que tiene cada representación desde el enfoque de la didáctica de la matemática, así como los registros a los que pertenece cada representación y las actividades cognitivas que se fomentan debido al registro de partida y llegada. En el caso de la última dimensión, se explica el uso de cada estadístico que permite conocer la consistencia interna del instrumento e ítems que lo conforman, así como la información que proporciona cada uno de ellos a partir del cálculo de estadísticos específicos. A continuación, se desglosa cada una de las dimensiones con su respectiva denominación.

Didáctica de las matemáticas:

- Teoría de registros de representación semióticas de Duval.

Álgebra Booleana:

- Expresiones Booleanas, Compuertas Lógicas, Tablas de Verdad y Mapas de Karnaugh.

Consistencia Interna de los ítems y el instrumento

- Validación, Confiabilidad y Análisis de reactivos.

#### 2.1. Didáctica de la matemática

##### 2.1.1. Teoría de Registros de Representaciones Semióticas (TRRS)

Para el desarrollo de este apartado se consideran los aportes teóricos de la semiótica, los registros de representación semiótica y las actividades cognitivas durante la actividad matemática.

Radford (2006) destaca que para Saussure, un signo, es “la unión de dos elementos de naturaleza psíquica: el concepto (signifié, significado) y la imagen acústica asociada (signifiant, significante)” (p. 8). Un ejemplo que involucra ambos elementos, considerando la propuesta de Saussure se muestra en la Figura 7.

#### Figura 7

*Significante y Significado de Perro*

|   |
|---|
| Significante<br>P-E-R-R-O   |
| Significado (Textual)<br>Mamífero doméstico de la familia de los cánidos, de tamaño, forma y pelajes muy diversos, según las razas, que tiene olfato muy fino y es inteligente y muy leal a su dueño. |

Este ejemplo muestra la relación entre el significante y el significado; que de llevar a cabo un dibujo como tarea, sería otro significante de distinta naturaleza, pero del mismo significado.

Ferdinand de Saussure da una aproximación a la definición de signo describiendo tres tipos de ellos:

- *Icónicos* son aquellos que se asemejan a las imágenes que representan y por lo tanto un gran transmisor de contenido.
- *Indéxicos* los cuales muestran relaciones lógicas entre significante y signo, como: causa-efecto, temporales o espaciales, debido a ello tardan más tiempo en ser comprendidos a diferencia de los primeros.
- *Simbólicos* son aquellos que son más abstractos y que pueden variar su significado dependiendo de la cultura en la que es utilizado.

Por otra parte, D'Amore et al. (2014) describe el aporte de Pierce a la semiótica moderna con su teoría de signos, destacando que un signo se define por la interacción de tres elementos: “un *representamen*, es decir el vehículo, la parte material del signo; un *objeto*, eso a lo cual el representamen reenvía; y un *interpretante*, es decir, lo que deriva o viene generado de la relación entre el representamen y el objeto” (p. 55). Por lo tanto, se obtiene qué forma toma, a quién se refiere y quién le da sentido al signo.

La teoría de registros de representaciones semióticas (TRRS) de Duval (2017a), ofrece un amplio panorama de los procesos que se llevan a cabo en la comprensión de un objeto matemático. Aunque, para los profesores estas representaciones pueden ser habituales, para los estudiantes no siempre resultan familiares.

La TRRS destaca que algunos registros que se utilizan pueden ser el gráfico, tabular, algebraico, lenguaje natural, escritura formal de la lógica o aritmético. Cada uno de estos registros puede tener representaciones semióticas y cada una se caracteriza por la transformación que se desarrolle. Por ello, Duval (2017b) considera la idea de que antes de una adquisición conceptual de un objeto (Noesis), es necesaria una adquisición de una representación a partir de signos (Semiosis). A continuación, se presenta la simbología que la TRRS utiliza para el análisis semiótico de un objeto A

$r^m =_{df}$  m-ésimo registro semiótico ( $m=1,2, 3, \dots$ ).

$R_i^m(A) =_{df}$  i – ésima representación semiótica ( $i = 1,2,3 \dots$ ) de un objeto A en el registro semiótico  $r^m$  (D'Amore, 2009, p. 157)

En la Figura 8 se muestra un ejemplo adaptado del ejercicio planteado por D'Amore (2006) "probabilidad de obtener un número par al lanzar un dado".

### Figura 8

Uso simbología TRRS para un caso particular

|   |
|---|
| Objeto/Significado $O_1$ : " Probabilidad de obtener un número al lanzar un dado" |
| Sentido de $O_1$ sea descrito por el alumno y deseado por el docente              |
| Registro semiótico $r^1$ : Número racional en forma de fracción                   |
| Representación $R_1^1(O_1)$ : $\frac{3}{6}$                                       |
| Registro semiótico $r^2$ : Escritura formal porcentaje                            |
| Representación $R_1^2(O_1)$ : 50%   |

Como destaca Duval (2017a), las actividades cognitivas que están presentes son: la formación, el tratamiento y la conversión, dichas actividades se describen por él de la siguiente manera:

- *Identificar la representación* es aquella transformación que "implica la selección de un cierto número de caracteres de un contenido percibido, imaginado o ya representado en función de las posibilidades de representación propias al registro escogido" (p. 78).
- El *tratamiento* "es la transformación de una representación (inicial) en otra representación (final), respecto a una cuestión, a un problema o a una necesidad" (p.78), es decir, se mantiene en el mismo registro. Un ejemplo podría ser en un caso específico en el que resuelve una ecuación, debido a que desde una perspectiva matemáticamente hablando, permitiría la solución de una ecuación.
- La *conversión* por su parte es la "transformación externa respecto al registro de la representación de partida" (p.80). Desde un punto de vista cognitivo, resulta un proceso complejo que idealmente busca desarrollar o fomentar una transformación de una representación de un objeto a otra representación y, por lo tanto, un cambio de registro a otro. Puede suceder en casos particulares como cuando un ejercicio es planteado, utilizando el registro del lenguaje natural y se decide usar un registro algebraico para resolver el ejercicio.

De acuerdo con Guzmán (1998), "se pueden distinguir entre dos tipos de representaciones: discursivas y no discursivas, las primeras son el lenguaje natural y el lenguaje formal, las segundas pueden ser los esquemas, gráficos, tablas o algebraico" (p.6). Por su parte, Duval (2006) destaca que es necesario considerar además de los tipos de representaciones, una

clasificación de los registros semióticos (CRS) que permita analizar e identificar las causas de las dificultades en la comprensión matemática. A continuación, se muestra en la Tabla 6 la CRS.

**Tabla 6**

*Clasificación de los registros semióticos*

|   | <b>Registros DISCURSIVOS</b><br><i>Linealidad basada en la sucesión para producir y organizar secuencias de símbolos de palabras</i>  | <b>Registros NO DISCURSIVOS</b><br><i>Comprensión simultánea de una organización bidimensional<br/>Organización dimensional de n Dimensiones unidades figurativas</i>                    |
|---|---|--|
| <b>Registros MULTIFUNCIONALES</b><br><i>Las transformaciones de las expresiones son no-algorítmicas</i> | <b>LENGUAJE NATURAL</b><br><i>Tres operaciones jerárquicamente incluidas (nombrar los objetos, enunciación y razonamiento) con sus correspondientes unidades de significado</i>                                 | <b>ICÓNICO: IMÁGENES</b><br><i>Producción a mano alzada y conservación interna de relaciones topológicas características de partes del objeto.</i>                                       |
|   |   | <b>NO ICÓNICO: FIGURAS GEOMÉTRICAS</b><br><i>Tres operaciones independientes: Construcción instrumental, reconfiguración mereológica y deconstrucción de las formas dimensionales 2D</i> |
|   | (Representaciones auxiliares transicionales<br>Para operación externa libre)  |  |
| <b>Registros MONOFUNCIONALES:</b><br><i>Las transformaciones de las expresiones son algorítmicas</i>    | <b>LA ESCRITURA SIMBÓLICA</b><br><i>para una operación de sustitución ilimitada: sistema de numeración, escritura algebraica, lenguajes formales)<br/>Un único modo de producción fenomenológico: escritura</i> | <b>GRÁFICO CARTESIANO, DIAGRAMAS</b><br><i>Trazos y flechas que unen marcas o nodos<br/>Para los gráficos: operaciones de acercamiento, interpolación, cambio de eje.</i>                |

*Nota.* Flechas rectas continuas y discontinuas (conversión). Adaptado de Duval (2017b, p.85).

Al llevarse a cabo la transformación por conversión llega a presentarse un fenómeno denominado congruencia, el cual de no existir entre las representaciones del registro de partida y el de llegada, puede dar origen a diferentes dificultades, entre las cuales está la incompreensión o no establecer una relación entre representaciones, ocasionado por la distancia cognitiva entre contenidos de representaciones de registros disímiles. La no-congruencia, se debe a la falta de uno, dos o los tres criterios establecidos por Duval (2016), los cuales se mencionan a continuación:

- Es posible o no una correspondencia uno a uno entre todos los constituyentes significativos (símbolos, palabras, o rasgos visuales) de los contenidos de la representación fuente y de la representación de llegada.
- La elección para cada constituyente significativo de la representación de llegada es unívoca o no lo es.
- Para los constituyentes significativos que se pueden poner en correspondencia, el orden de organización dentro de la representación fuente se mantiene o se cambia dentro de la representación de llegada (p.84).

## 2.2. Álgebra Booleana

### 2.2.1. Expresiones, Compuertas Lógicas, Tabla de Verdad y Mapa de Karnaugh

Este apartado consta de cinco partes: axiomas y teoremas, sistema numérico binario, mini términos y maxi términos, tablas de verdad y mapas de Karnaugh.

El AB recibe su nombre del Profesor de Matemáticas George Boole (Ontiveros, 2015) del Queen's College de Cork situado en Irlanda. Este docente pudo notar y asegurar la particularidad entre los temas de lógica con las matemáticas; el análisis, la prueba, además de los resultados de su trabajo dieron origen a una serie de teoremas y postulados.

El sistema numérico que se utiliza para la operación de cada uno de los operadores del AB es el binario. La característica principal de este sistema numérico es que los únicos valores con los que se operan son cero y uno. Una serie de ceros y unos puede bien representar otros números de otros sistemas numéricos, un ejemplo de esto se muestra en la Figura 10.

#### **Figura 9**

*Número del Sistema Numérico Decimal y su equivalente en Binario*

$$(2)_{10} = (10)_2$$

En la Tabla 7, se muestran algunas leyes que rigen al AB. Las cuales permiten durante la actividad matemática que se lleva a cabo en el AB simplificar las expresiones booleanas.

**Tabla 7***Leyes del Álgebra Booleana*

| Leyes del Álgebra Booleana |                          |                               |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1) $A + 0 = A$             | 5) $A + A = A$           | 10) $\bar{\bar{A}} = A$       |
| 2) $A + 1 = 1$             | 6) $A + \bar{A} = 1$     | 11) $A + AB = A$              |
| 3) $A \cdot 0 = 0$         | 7) $A \cdot A = A$       | 12) $A + \bar{A}B = A + B$    |
| 4) $A \cdot 1 = A$         | 8) $A \cdot \bar{A} = 0$ | 13) $(A + B)(A + C) = A + BC$ |

*Fuente:* Elaboración propia

Cada ley o regla está definida por un teorema o postulado, cada uno es nombrado de la manera en que se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8***Postulado o teorema de cada ley del álgebra booleana*

| Teorema                         | Ley Álgebra Booleana | Postulado                  |
|---------------------------------|----------------------|----------------------------|
|                                 | 1) y 4)              | Elementos neutros          |
| Operaciones con elemento neutro | 2) y 3)              |                            |
| Idempotencia                    | 5) y 7)              |                            |
|                                 | 6) y 8)              | Existencia de complementos |
| Involución                      | 10)                  |                            |
| Absorción                       | 11)                  |                            |
| Cancelación                     | 12)                  |                            |
|                                 | 13)                  | Distributividad            |

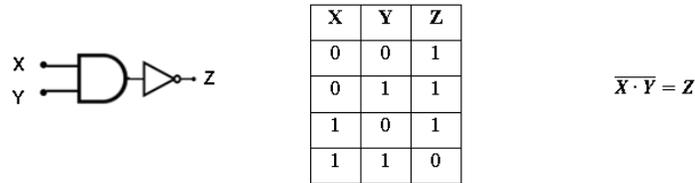
*Fuente:* Elaboración propia

Las compuertas lógicas que representan de manera figural a los elementos básicos del AB se muestran en la Figura 11. Cada uno de estos está compuesto por una cantidad finita de entradas y solamente una salida. Una forma de hallar el valor de la salida es llevando a cabo una serie de operaciones bajo los axiomas, leyes y postulados del AB.

**Figura 10***Representación Esquema Pictográfico de las compuertas elementales*

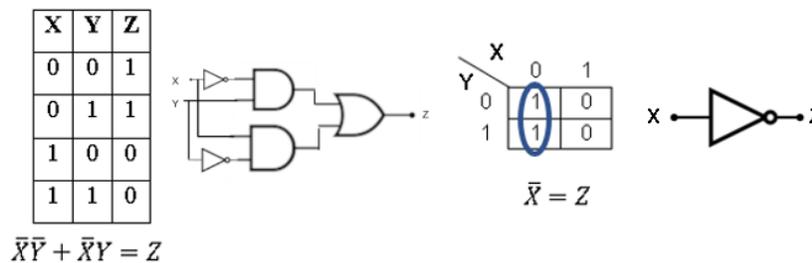
Entre uno de los procesos que se pueden realizar utilizando las compuertas lógicas, están los diagramas de conexión que se pueden hacer, ya sea por la cantidad de combinaciones, la expresión booleana, la cantidad de ceros y unos en la tabla de verdad o resultado de la simplificación de expresiones mediante un mapa de Karnaugh. En la Figura 11 se muestra un diagrama de conexión considerando los puntos anteriores.

**Figura 11**  
*Diagrama de Conexión, Tabla de Verdad y Expresión Booleana*



En la Figura 12 se muestra el proceso de simplificación usando la herramienta denominada Mapa de Karnaugh (lado derecho), donde se toma como punto de partida los valores de salida (Z) de la Tabla de Verdad (lado izquierdo), dando lugar a sus equivalentes en diagrama de conexión y expresión booleana.

**Figura 12**  
*Equivalencia entre representaciones*



## 2.3. Validación de Contenido

### 2.3.1. Juicio de Expertos

Hay tres métodos para la evaluación por medio de juicio de expertos: agregados individuales, Delphi, consenso grupal, o técnica grupo nominal. Para esta investigación se decidió optar por el método de agregados individuales, debido a que para la evaluación de los ítems del instrumento los jueces expertos lo pueden hacer de forma independiente. Por consiguiente, los expertos deben estar al tanto de los objetivos, de la tabla de especificaciones y temas que aborda la prueba.

El formato que describe las categorías que se consideran para la evaluación de los ítems que componen el instrumento se muestra en la Tabla 9. Las categorías son Claridad, Coherencia, Relevancia y Suficiencia.

**Tabla 9**

*Categorías e indicadores que toman en consideración los expertos por ítem*

| <b>Categorías</b>   | <b>Indicadores</b>   |
|---|--|
| <p><b>Claridad</b></p> <p>El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas</p>        | <p>El ítem no es claro.</p> <p>El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.</p> <p>Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.</p> <p>El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.</p> |
| <p><b>Coherencia</b></p> <p>El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo</p>            | <p>El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.</p> <p>El ítem tiene una relación tangencial con la dimensión.</p> <p>El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que está midiendo.</p> <p>El ítem se encuentra completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.</p>  |
| <p><b>Relevancia</b></p> <p>El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido</p>                           | <p>El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.</p> <p>El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide este.</p> <p>El ítem es relativamente importante.</p> <p>El ítem es muy relevante y debe ser incluido.</p>   |
| <p><b>Suficiencia</b></p> <p>Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de esta</p> | <p>Los ítems no son suficientes para medir la dimensión</p> <p>Los ítems miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden a la dimensión total</p> <p>Se deben incrementar algunos ítems para poder evaluar la dimensión completamente</p> <p>Los ítems no son suficientes</p>  |

*Fuente:* Adaptado de Galicia et al. (2017, p. 49).

El formato de validación que se comparte a los expertos se muestra en la Tabla 10. Después se recolectan y analizan las evaluaciones del instrumento, considerando las sugerencias de cada uno.

**Tabla 10**

*Formato para validar instrumento*

| N°<br>Ítem  | Categorías |   |   |            |   |   |            |   |   | Sugerencias |
|---|------------|---|---|------------|---|---|------------|---|---|-------------|
|   | Claridad   |   |   | Coherencia |   |   | Relevancia |   |   |             |
|   | 1          | 2 | 3 | 1          | 2 | 3 | 1          | 2 | 3 |             |
| 1   |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| 2   |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| 3   |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| ...   |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| n   |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| <b>Aspectos Generales</b>   |            |   |   |            |   |   |            |   |   | *****       |
| El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario  |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación  |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| Los ítems están distribuidos en forma lógica y secuencial   |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| El número de ítems es suficiente para recoger la información, En caso de ser negativa su respuesta sugiera los ítems a añadir |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |

*Fuente:* Adaptado de Corral (2009, p.233).

A partir del estadístico V de Aiken (1985) se determina qué ítems pueden ser incluidos, cuáles no y aquellos que pueden ser replanteados. El resultado final está definido por: la cantidad de expertos que está entre 2 a 25, las calificaciones obtenidas por categoría que se encuentran entre 2 a 7 y los niveles de significancia que pueden ser .05 o .01.

La fórmula que se utiliza para calcularlo es

$$V = \frac{S}{n(c - 1)}$$

Donde  $n$  es el número de jueces que evalúan el instrumento,  $c$  corresponde al total de calificaciones que se consideran por categoría y  $S$  a la suma de los valores ajustados de las calificaciones por categoría, mediante una escala de 0 que corresponde a la *nota más baja* y hasta la *nota más alta* que es 1.

Al conocer los resultados, se procede a probar una de las dos posibles hipótesis: nula ( $H_o$ ) o aprobada ( $H_a$ ), lo cual dependerá del valor desconocido poblacional ( $V_p$ ), así se decide si es  $H_o:V_p = 0.5$  o  $H_a:V_p > 0.5$ , consideraciones que se toman en cuenta en investigaciones que aplican para la validez del instrumento el juicio de expertos, como el caso de Juárez-Ruiz et al. (2020) en “Instrumento diagnóstico para la evaluación de habilidades espaciales en sólidos de revolución: Validación de contenido” (p. 97).

## 2.4. Confiabilidad

### 2.4.1. Kuder-Richardson 20

Meneses y colaboradores (2013) describen que “cuando los ítems de un test son dicotómicos y se codifican las dos alternativas posibles como 0 y 1” (p. 101), la consistencia interna del instrumento se calcula utilizando el estadístico propuesto por Kuder y Richardson (1937) para pruebas dicotómicas ( $KR_{20}$ ), la fórmula que se utiliza para calcularlo es

$$KR_{20} = \frac{n - 1}{n} \cdot \frac{\sigma_t^2 - n\bar{p}\bar{q}}{\sigma_t^2}$$

Donde  $n$  es el número de ítems de la prueba,  $\sigma_t^2$  es la varianza de las calificaciones totales de la prueba y  $n\bar{p}\bar{q} = \sum pq$  es la suma del producto de la proporción de estudiantes que aciertan al ítem por la proporción de estudiantes que no aciertan al ítem. En la Tabla 11 se describen los valores específicos que destaca Doran (1980) para el  $KR_{20}$ .

**Tabla 11**

*Descripción del análisis del estadístico  $KR_{20}$*

| Valores del estadístico $KR_{20}$ | Descripción   |
|-----------------------------------|---------------|
| 0.95 – 0.99                       | Muy Alto      |
| 0.9 – 0.95                        | Bastante Alto |
| 0.8 – 0.9                         | Alto          |
| 0.7 – 0.8                         | Bueno         |
| Por debajo de 0.7                 | Bajo          |

*Fuente:* Adaptado de Doran (1980, p.104)

El proceso de confiabilidad para el caso específico del cálculo del  $KR_{20}$  se puede llevar a cabo en grupos pilotos, que tengan las mismas características de aquellos grupos a los que se pretende aplicar el instrumento.

## 2.5. Análisis de Reactivos

Para conocer la consistencia de los ítems y del instrumento se utilizan los estadísticos: índice de dificultad ( $p$ ), índice de discriminación ( $D$ ) y el coeficiente de correlación biserial puntual ( $r_{bp}$ ).

### 2.5.1. Índice de Dificultad

Como señala Aiken (2003) para calcular  $p$  se utilizan los parámetros:  $U_p$  que es el grupo con mayor número de aciertos en el ítem y  $L_p$  el grupo con menor número de aciertos. Dichos grupos se forman a partir de dividir en tres el grupo, es decir, 25% formarían al grupo con más aciertos, otro 25% con menos aciertos y el tercer grupo el 50% faltante, debido a esto  $U$  y  $L$  serían iguales siendo cada uno de estos el número total de personas de los primeros dos grupos, la fórmula para conocer  $p$  es

$$p = \frac{U_p + L_p}{U + L}$$

La Tabla 12 se elabora a partir de los valores proporcionados por Aiken (2003) quien describe el análisis para cada valor del  $p$ .

**Tabla 12**

*Descripción de los índices de dificultad con valores específicos*

| Valor índice de dificultad $p$ | Descripción                             |
|--------------------------------|---|
| $p = 0$                        | Ha sido contestado incorrectamente      |
| $p = 1$                        | Ha sido contestado correctamente        |
| $p$ cercano a .50              | Valor óptimo                            |
| $0 \leq p \leq 1$              | Rango del índice de dificultad del ítem |

*Fuente:* Adaptado de Aiken (2003, p. 66)

Otra consideración, de acuerdo con Lord (1952) destaca que “dependiendo del número de opciones del ítem un índice de dificultad pertinente sería: para dos opciones un  $p = .835$ , tres opciones  $p = .759$ , cuatro opciones  $p = .713$ , cinco opciones  $p = 0.682$ , para preguntas abiertas es  $p = 0.5$ , mediante la fórmula de Aiken (2003)” (p. 68).

### 2.5.2. Índice de Discriminación

Para hallar el valor del índice de discriminación se consideran los siguientes parámetros:  $U_p$  representa la cantidad de informantes del grupo con mayor número de aciertos,  $L_p$  es la cantidad de informantes del grupo con menor número de aciertos y  $U$  al total de informantes del grupo con mayor número de aciertos, la fórmula que se necesita es

$$D = \frac{U_p - L_p}{U}$$

En la Tabla 13 se muestra la descripción elaborada a partir del análisis hecho por Aiken (2003) para valores específicos del estadístico  $D$ .

**Tabla 13**

*Descripción del análisis del índice de dificultad*

| Valor índice de discriminación $D$ | Descripción   |
|------------------------------------|---|
| $D = 1$                            | Todos los informantes del grupo $U_p$ y ninguno del grupo $L_p$ han contestado de forma correcta el ítem. |
| $D \geq .30$                       | Un valor de índice adecuado.  |
| $D < .30$                          | Es posible modificarlo para conservarlo.  |
| $-1 \leq D \leq 1$                 | Rango del índice de discriminación.   |

*Fuente:* Adaptado de los valores destacados por Aiken (2003, p. 66)

### 2.5.3. Coeficiente de Correlación Biserial Puntual

Otro índice para calcular la discriminación de los ítems de acuerdo con Meneses y colaboradores (2013) es el índice de correlación biserial-puntual ( $r_{bp}$ ) que “permite cuantificar la relación entre una variable binaria -el acertar o no el ítem- y una variable de escala -la puntuación total de la persona en la prueba-, idealmente sin tener en cuenta el ítem analizado” (p. 245). La forma para medir este coeficiente es por medio de la fórmula que detallan Attorresi et al. (1999)

$$r_{pb} = \frac{(\bar{Y}_p - \bar{Y}) \sqrt{\frac{n_t n_p}{[(n_t - n_p)(n_p - 1)]}}}{S_t}$$

Donde  $n_t$  es la cantidad total de examinados,  $n_p$  es la cantidad de examinados que resuelven correctamente el reactivo,  $\bar{Y}_p$  es la media de las calificaciones de criterio de quienes pasan el reactivo,  $\bar{Y}$  es la media de todas las calificaciones de criterio y  $S_t$  es la desviación estándar de todas las calificaciones de criterio.

Los valores que describe Aiken (2003) para el  $r_{pb}$  se muestran en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Descripción del análisis del coeficiente de correlación biserial puntual*

| <b>Valor coeficiente de correlación biserial puntual (<math>r_{bp}</math>)</b> | <b>Descripción</b>                                    |
|--|---|
| $r_{pb} \leq 0$  | Es un ítem que debe revisarse o descartarse.          |
| $r_{pb}$ cercano a -1  | Indica que el ítem no tiene una buena discriminación  |
| $r_{pb}$ cercano a 1   | Es un ítem con una gran discriminación                |
| $-1 \leq r_{pb} \leq 1$  | Rango del coeficiente de correlación biserial puntual |

*Fuente:* Adaptado de los valores dados por Aiken (2003, p. 64) y Meneses et al. (2013, p. 245)

Por lo tanto, si  $r_{pb}$  es cercano a menos uno indicaría que el grupo con mayor número de aciertos contesta incorrectamente el ítem y el grupo con menor número de aciertos lo contesta de forma correcta.

## **CAPÍTULO 3**

### **MÉTODO**

En este capítulo, se describe el método de la investigación. Se establece inicialmente el tipo de estudio, la población e informantes, procedimiento que se llevó a cabo para el diseño y validación del cuestionario, así como las pruebas que se utilizaron para evaluar su confiabilidad, poder discriminatorio y análisis de los ítems.

#### **3.1. Tipo de estudio**

Se trata de un estudio descriptivo de corte mixto en el que se realiza la validación de contenido por medio de un juicio de expertos, prueba de confiabilidad y análisis de reactivos de un instrumento diseñado para conocer las dificultades cognitivas y representaciones que evidencian estudiantes de tercer semestre de las carreras de Electrónica y Mecatrónica de la BUAP, en Lógica, Conjuntos y AB.

#### **3.2. Diseño del Cuestionario**

El cuestionario consta de treinta y dos ítems, dividido en cuatro partes: lógica, conjuntos, álgebra booleana y la articulación entre los temas, es decir ocho ítems por apartado. Cada uno de estos ítems es de tres opciones, de las cuales solamente una de estas es correcta.

Para la sección de lógica se consideraron los subtemas: disyunción, conjunción, negación, proposición condicional, bicondicional, simbología, tipo de proposiciones y equivalentes lógicos.

La sección de conjuntos se compone de los subtemas: simbología, unión, intersección, diferencia, complemento, diagramas de Venn, expresiones equivalentes, leyes de D'Morgan, ley distributiva, propiedades y tabla de pertenencia.

Para la sección de AB se consideraron los subtemas: simbología, compuertas and, or, xor, xnor, not, leyes de D'Morgan, mini términos, maxi términos, tablas de verdad, equivalencias, mapa de Karnaugh y problemas textuales.

El último tema consiste en la articulación entre ellos, por lo que, toma algunos aspectos ya mencionados anteriormente.

### 3.3. Sujetos e Instrumento

La evaluación del instrumento estuvo a cargo de cinco expertos, con máximo grado de estudios entre Maestría y Doctorado de áreas de Electrónica, Mecatrónica, Matemáticas y Educación Matemática.

Por otro lado, para probar la confiabilidad del instrumento y realizar el análisis de reactivos, el instrumento se aplicó a un grupo de 84 estudiantes de los cuales se consideraron solamente 71, debido a que 13 informantes no contestaron completamente la prueba, teniendo un total de 2 estudiantes de la carrera de Electrónica y 69 estudiantes de la carrera de Mecatrónica, de los cuales 61 fueron hombres y 10 mujeres. Ambas carreras pertenecen a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Los sujetos habían llevado previamente las materias de matemáticas elementales y sistemas digitales combinacionales, en las cuales se abordan los temas de lógica, conjuntos y álgebra booleana. El rango de edad de los alumnos fue de entre 19 y 24 años con una media de 20 años.

El proceso de validación de contenido del cuestionario se llevó a cabo utilizando el estadístico V de Aiken por medio del juicio de expertos y una prueba de hipótesis. Para probar la confiabilidad del instrumento se calculó el coeficiente Kuder-Richardson 20 ( $KR_{20}$ ). En el análisis de reactivos, las fórmulas que se utilizaron fueron las del índice de dificultad, el índice de discriminación y el coeficiente de correlación biserial puntual. Para identificar las actividades cognitivas que promueve la prueba, fue necesario analizar en cada ítem el registro inicial y el final para determinar si se llevó a cabo una transformación por tratamiento o una transformación por conversión.

El instrumento que se muestra en el apartado denominado *Anexo* se adaptó utilizando la herramienta *Google Forms* como alternativa para su evaluación y aplicación, un ejemplo del formato que se utilizó corresponde al ítem 18, el cual se muestra en la Figura 14.

**Figura 14**  
Ejemplo de uso de los recursos Google Forms

Ítem r8 \*

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Elige el resultado de aplicar las leyes de D'Morgan a la siguiente expresión booleana S | $S = (\overline{A}B)(\overline{A} + \overline{B})$ | $S = (\overline{A} + \overline{B})(\overline{A}B)$ | $S = (\overline{A}B) + (\overline{A} + \overline{B})$ |
| $S = \overline{(A + B)} + \overline{(AB)}$  |  |  |   |

|            |                       |                       |                       |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|            | 1                     | 2                     | 3                     |
| Claridad   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Coherencia | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Relevancia | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

El formato que se presentó a los expertos estuvo conformado por seis secciones. La primera, recabó los datos generales del experto. De la segunda hasta la quinta, la evaluación de cada ítem; considerando las dimensiones de claridad, coherencia y relevancia, con una calificación ordinal de 1 a 3, donde 1 significó *no cumple con el nivel*, 2 *moderado nivel* y 3 *alto nivel*. La última sección consistió en preguntas generales sobre el instrumento. Al inicio de cada sección se mostró la Figura 15 que contiene la descripción de los niveles de evaluación antes descritos

**Figura 15**  
Criterios para la evaluación de cada ítem

| Categoría   | Calificación              | Indicador   |
|---|---------------------------|---|
| <b>Claridad</b><br>El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas | 1. No cumple con criterio | El ítem no es claro   |
|   | 2. Moderado Nivel         | Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem |
|   | 3. Alto nivel             | El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada                           |
| <b>Coherencia</b><br>El ítem tiene relación lógica con el tema que está midiendo                      | 1. No cumple con criterio | El ítem no tiene relación lógica con el tema                                    |
|   | 2. Moderado Nivel         | El ítem tiene una relación moderada con el tema que está midiendo               |
|   | 3. Alto nivel             | El ítem se encuentra completamente relacionado con el tema que está midiendo    |
| <b>Relevancia</b><br>El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido                    | 1. No cumple con criterio | El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión |
|   | 2. Moderado Nivel         | El ítem es relativamente importante   |
|   | 3. Alto nivel             | El ítem es muy relevante y debe ser incluido                                    |

El formato del instrumento que se implementó al grupo piloto consistió en seis secciones. La primera fue para los datos generales del informante. De la segunda hasta la quinta, los ítems con sus respectivas tres opciones. La última consistió en una serie de preguntas abiertas sobre los temas que se abordaron en el cuestionario y un apartado para que los estudiantes subieran en formato digital las producciones que realizaron para responder los ítems del instrumento. Un ejemplo del formato se muestra en la Figura 16 que corresponde al ítem 8.

**Figura 16**  
Ítem, indicaciones y opciones

⋮

Ítem 8

| Elije la tabla de verdad que corresponda a la siguiente proposición compuesta<br><br>$(\sim p \wedge q) \vee (p \wedge \sim q) \equiv r$ | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </table> | p                     | q                     | r | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | F | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>V</td></tr> </table> | p | q | r | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | V |
|--|---|-----------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| p  | q   | r                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | F                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | F                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | r                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | F                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | V                     |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Opciones   | a   | b                     | c                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Las respuestas de los expertos e informantes se presentan en cuatro formatos que ofrece *Google Forms*: resumen, pregunta, individual y hoja de cálculo. Para probar la validez, confiabilidad y análisis de reactivos, se utilizó la hoja de cálculo que proporciona *Google Sheets*, lo que permitió llevar a cabo el estudio cuantitativo utilizando recursos digitales abiertos (Aguilar-Romero y Juárez-Ruiz, 2022) desde el juicio por expertos, hasta su aplicación al grupo piloto. Además, se consideró pertinente agregar el apartado de evidencias al final, para recolectar en formato JPG o PDF las representaciones que utilizaron los informantes para la solución de los ítems (Aguilar et al., 2021).

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Validación de Contenido

La evaluación del instrumento se llevó a cabo en su primera versión por cinco expertos, en la que se consideró las dimensiones que se muestran en la Tabla 15 y cada una de estas tres calificaciones. El promedio por dimensión se obtiene a partir de los resultados de cada uno de los treinta y dos ítems que conforman el cuestionario.

**Tabla 15**

*Valores del promedio V de Aiken de las tres categorías*

| V de Aiken por categoría |            |            |
|--------------------------|------------|------------|
| Claridad                 | Coherencia | Relevancia |
| 0.83                     | 0.98       | 0.97       |

*Fuente:* Elaboración propia

Lo que indica que dos de tres dimensiones cumplieron con el valor establecido de acuerdo con la tabla que presenta Aiken (1985) para el valor desconocido poblacional  $V_p$ . El cuál debe ser mayor a 0.90. Debido a que en *Claridad* se obtuvo un valor menor al esperado, entonces no fue posible rechazar la hipótesis nula. Por ello, se consideró adecuado una segunda participación de los expertos con la finalidad de mejorar esta categoría del instrumento tomando en cuenta las sugerencias de los evaluadores.

En la Figura 17 se muestran las observaciones de los expertos a la sección *articulación entre temas*, que se tomaron en cuenta para la modificación del instrumento y el envío para una segunda evaluación.

**Figura 17**

*Sugerencias a la sección articulación entre los temas*

*No se observa la relación de la segunda expresión porque en las tablas ni siquiera están p y q, se sobreentiende que Y es función de A y de B  
En el diagrama las entradas son A y B y en las respuestas están p y q, no concuerdan.  
Aclarar si  $A = p$  y  $B = q$*

El resultado de la segunda evaluación de los expertos que se muestra en la Tabla 16, permite observar que fue posible rechazar la hipótesis nula, debido a que las tres categorías satisfacen con un valor mayor a 0.90, aun cuando la *Relevancia* bajó.

**Tabla 16**

*Valores del promedio V de Aiken de las tres categorías*

| V de Aiken por categoría |            |            |
|--------------------------|------------|------------|
| Claridad                 | Coherencia | Relevancia |
| 0.950                    | 0.988      | 0.925      |

*Fuente:* Elaboración propia

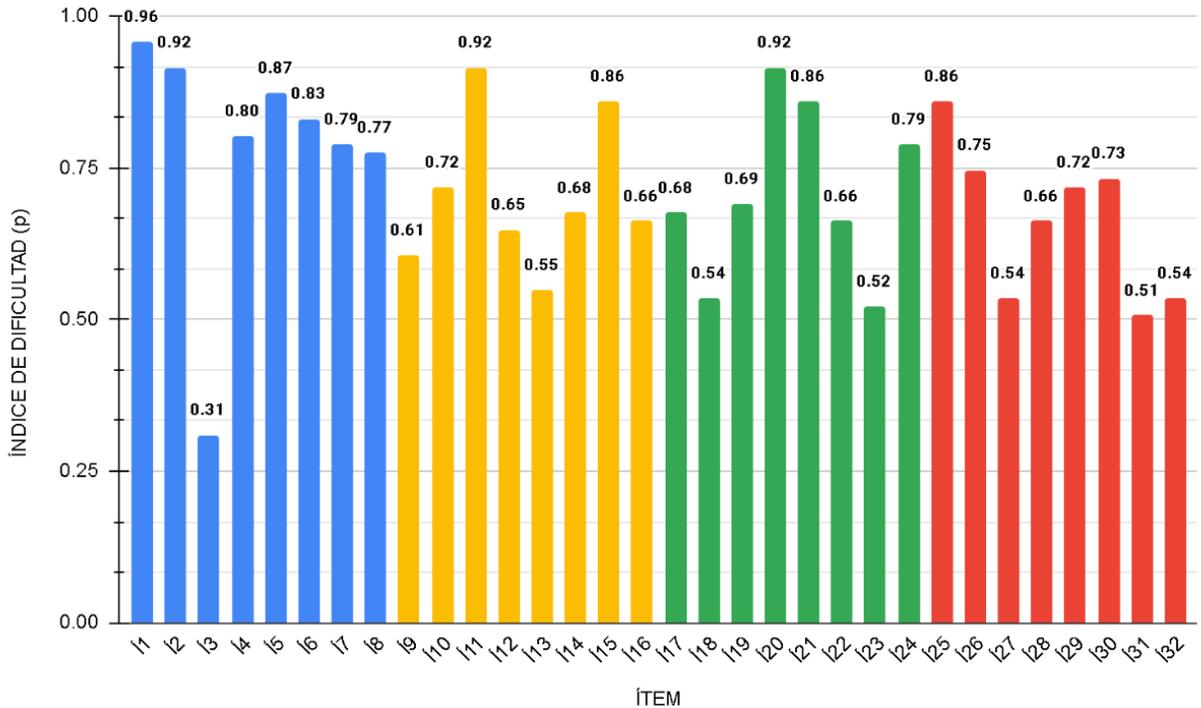
#### **4.2. Consistencia interna instrumento**

Como se destacó anteriormente, el estadístico para calcular la consistencia interna del instrumento es el  $KR_{20}$ . De acuerdo con Doran (1980), el valor de este estadístico debe ser mayor a 0.7. El resultado obtenido a partir de la implementación del instrumento al grupo piloto fue de 0.816, lo que refleja que la confiabilidad del instrumento es adecuada. Por lo tanto se cuenta con un instrumento entre alto y bueno confiablemente.

#### **4.3. Dificultad**

En la Figura 18 se muestra el valor del índice de dificultad para cada ítem de los treinta y dos que componen el cuestionario. Se establece un intervalo considerando los valores que destaca Aiken (2003) y Lord (1952), es decir que un valor óptimo estaría entre 0.5 y 0.759. Por lo tanto, los ítems que cumplen con el intervalo son: 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31y 32.

**Figura 18.**  
Resultados del índice de dificultad por ítem

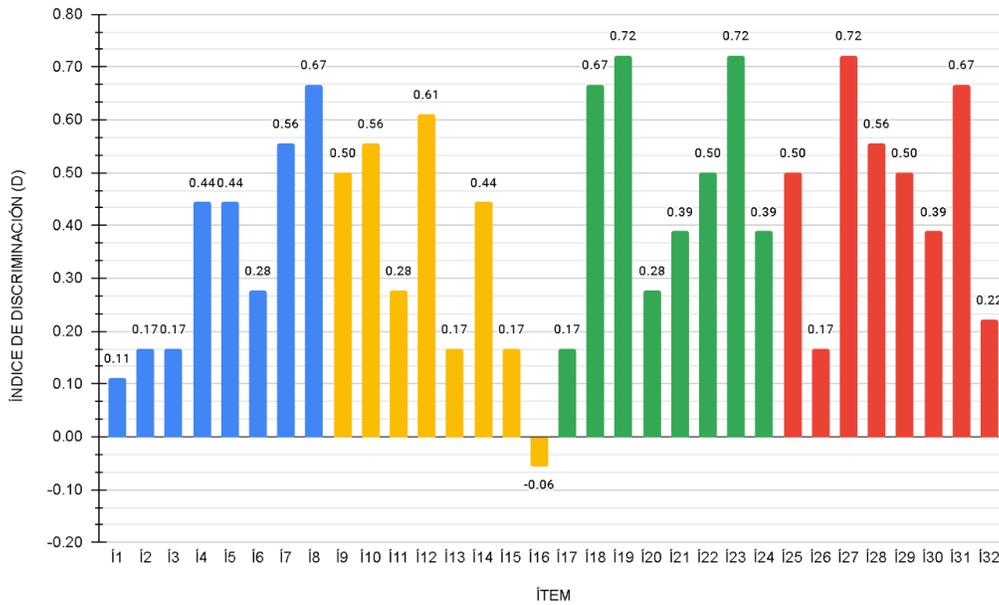


De acuerdo con el rango de valores utilizado en el trabajo de Medina, Ramírez y Miranda (2019), se considera que el instrumento cuenta con: ocho ítems que son muy fáciles (25%), diecisiete ítems son moderadamente fáciles (53.125%), seis ítems son moderadamente difíciles (18.75%) y uno muy difícil (3.125%).

#### 4.4. Discriminación

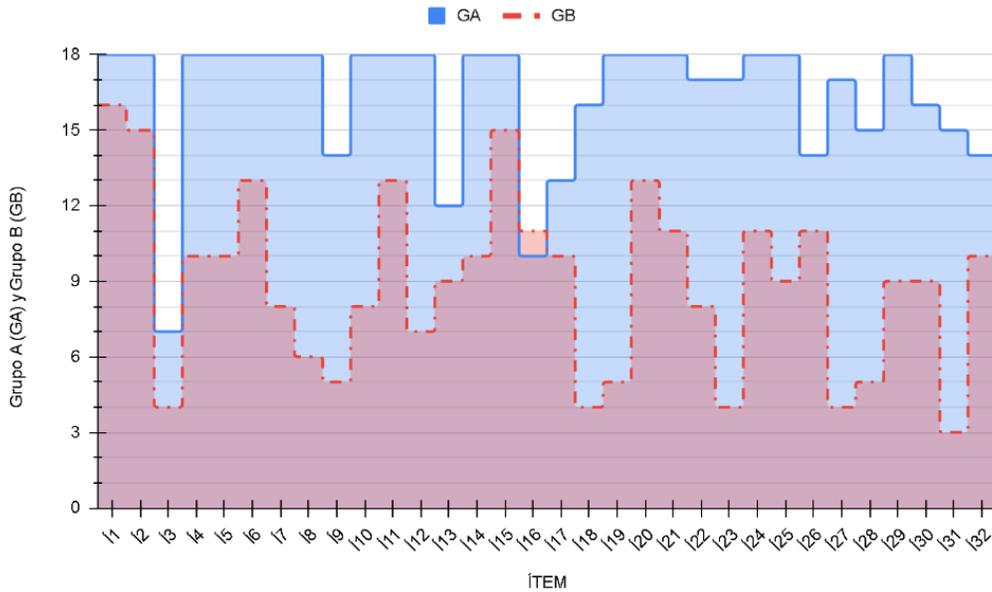
De acuerdo con Aiken (2003), los ítems con buen índice de discriminación son: 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 17, 18, 21, 22, 24, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32. Para cada uno de los ítems se muestra en la Figura 19 el índice de discriminación. Por lo tanto, de acuerdo con la clasificación de Ebel y Frisbie (1991), el instrumento cuenta con diecisiete ítems muy buenos, cinco razonablemente buenos, cinco que requieren mejoras y cinco que deben ser mejorados mediante una revisión.

**Figura 19**  
*Índice de Discriminación por ítem*



El número de aciertos por grupo para cada ítem se muestra en la Figura 20.

**Figura 20**  
*Total de aciertos Grupo A (Azul, continua) y Grupo B (Roja, discontinua)*



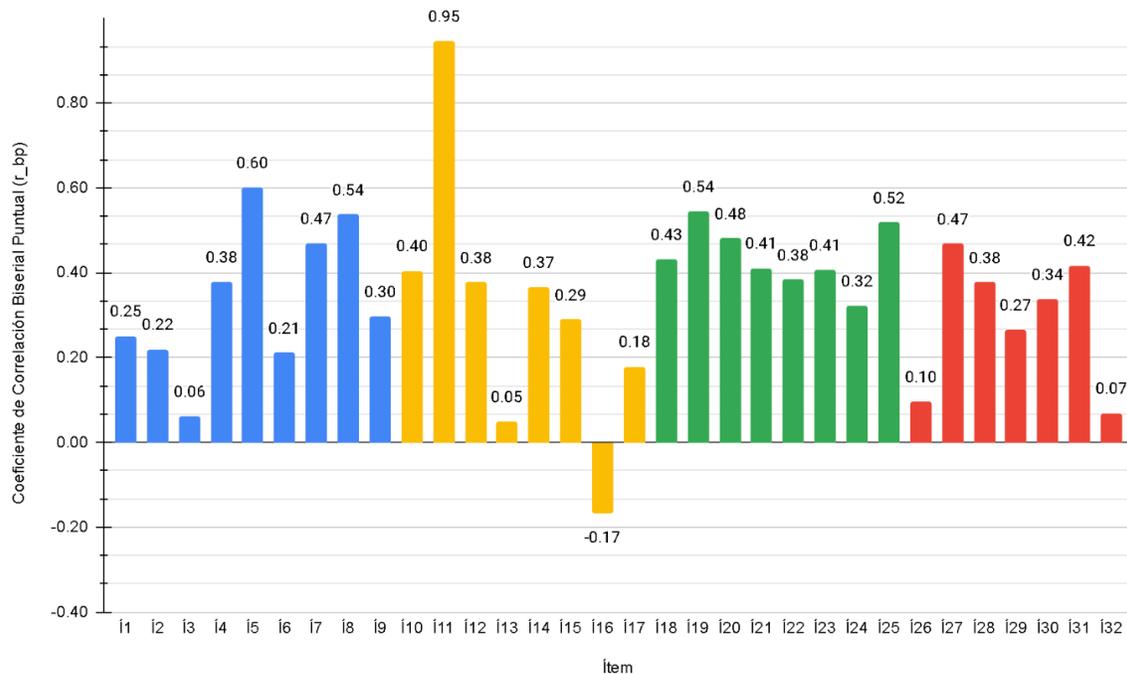
Los resultados permiten destacar que no hay un índice de discriminación adecuado si el grupo con menor número de aciertos es más alto que el grupo con mayor número de aciertos, como se muestra en los casos de los ítems dieciséis y diecinueve en los que  $D$  es negativo.

## 4.5. Correlación

Los resultados que se muestran en la Figura 21 permiten considerar que si el índice de dificultad es bajo, el  $r_{bp}$  también lo será. Por lo tanto, carecen de buena discriminación, debido a que su valor, es cercano al menos uno y lo mismo sucede para ítems cuyo índice de dificultad sea alto.

**Figura 21**

*Coefficiente de correlación biserial puntual por ítem*



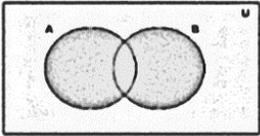
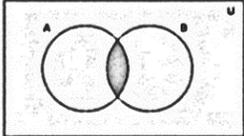
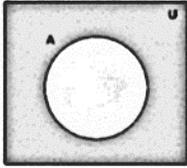
No obstante, de acuerdo con Aiken (2003) aquellos que deben revisarse o incluso descartarse serían los que su  $r_{bp}$  sea menor o igual a 0. Por lo que de aplicarse dicha indicación sería el ítem 16 el que se descartaría.

## 4.6. Actividades Cognitivas

Según Godino et al. (2016), para clasificar los registros de acuerdo con la TRRS para un ejercicio, se puede hacer un análisis previo para saber la actividad cognitiva que se lleva a cabo y así ubicar la transformación, aun cuando esta cuenta con alguna representación extra para su solución. Esto aunado con la ubicación del registro inicial y final, permite contabilizar las actividades cognitivas de los treinta y dos ítems del cuestionario. Dicho proceso se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Registros de Representación Semiótica por tema del cuestionario*

| Lógica  | Conjuntos    | Álgebra Booleana |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|--------------|------------------|--------------|---|---|---|---|---|------|-------|----------|----------|-------|--|---|--|---|---|------------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|--|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Registro de representación Lenguaje Natural (RRLN)</b>   |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Conjunción  | Intersección | AND              |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Disyunción  | Unión        | OR               |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Negación  | Complemento  | NOT              |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Registro de representación Escritura Simbólica (RRES)</b>  |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\wedge$  | $\cap$       | $\times$         |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\vee$  | $\cup$       | $+$              |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\sim$  | $'$          | $-$              |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Registro de representación Tabular (RRT)</b>   |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>p</th><th>q</th><th><math>p \wedge q</math></th></tr> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </table> | p            | q                | $p \wedge q$ | V | V | V | V   | F | F    | F     | V        | F        | F     | F  | F | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>A</th><th>B</th><th><math>A \cap B</math></th></tr> <tr><td><math>\in</math></td><td><math>\in</math></td><td><math>\in</math></td></tr> <tr><td><math>\in</math></td><td><math>\notin</math></td><td><math>\notin</math></td></tr> <tr><td><math>\notin</math></td><td><math>\in</math></td><td><math>\notin</math></td></tr> <tr><td><math>\notin</math></td><td><math>\notin</math></td><td><math>\notin</math></td></tr> </table> | A | B | $A \cap B$ | $\in$ | $\in$ | $\in$ | $\in$ | $\notin$ | $\notin$ | $\notin$ | $\in$ | $\notin$ | $\notin$ | $\notin$ | $\notin$ | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>A</th><th>B</th><th><math>A \cdot B</math></th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> | A | B | $A \cdot B$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| p   | q            | $p \wedge q$     |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | V            | V                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | F            | F                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | V            | F                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | F            | F                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A   | B            | $A \cap B$       |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\in$   | $\in$        | $\in$            |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\in$   | $\notin$     | $\notin$         |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\notin$  | $\in$        | $\notin$         |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\notin$  | $\notin$     | $\notin$         |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A   | B            | $A \cdot B$      |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 0            | 0                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 1            | 0                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 0            | 0                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 1            | 1                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>p</th><th>v</th><th><math>p \vee q</math></th></tr> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </table>   | p            | v                | $p \vee q$   | V | V | V | V   | F | V    | F     | V        | V        | F     | F  | F | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>A</th><th>B</th><th><math>A \cup B</math></th></tr> <tr><td><math>\in</math></td><td><math>\in</math></td><td><math>\in</math></td></tr> <tr><td><math>\in</math></td><td><math>\notin</math></td><td><math>\in</math></td></tr> <tr><td><math>\notin</math></td><td><math>\in</math></td><td><math>\in</math></td></tr> <tr><td><math>\notin</math></td><td><math>\notin</math></td><td><math>\notin</math></td></tr> </table>       | A | B | $A \cup B$ | $\in$ | $\in$ | $\in$ | $\in$ | $\notin$ | $\in$    | $\notin$ | $\in$ | $\in$    | $\notin$ | $\notin$ | $\notin$ | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>A</th><th>B</th><th><math>A + B</math></th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>     | A | B | $A + B$     | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p   | v            | $p \vee q$       |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | V            | V                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | F            | V                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | V            | V                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | F            | F                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A   | B            | $A \cup B$       |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\in$   | $\in$        | $\in$            |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\in$   | $\notin$     | $\in$            |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\notin$  | $\in$        | $\in$            |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\notin$  | $\notin$     | $\notin$         |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A   | B            | $A + B$          |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 0            | 0                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 1            | 1                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 0            | 1                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 1            | 1                |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>p</th><th><math>\sim p</math></th></tr> <tr><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td></tr> </table>   | p            | $\sim p$         | V            | F | F | V | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>A</th><th><math>A'</math></th></tr> <tr><td><math>\in</math></td><td><math>\notin</math></td></tr> <tr><td><math>\notin</math></td><td><math>\in</math></td></tr> </table> | A | $A'$ | $\in$ | $\notin$ | $\notin$ | $\in$ | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th>A</th><th><math>\bar{A}</math></th></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table> | A | $\bar{A}$  | 0 | 1 | 1          | 0     |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p   | $\sim p$     |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | F            |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | V            |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A   | $A'$         |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\in$   | $\notin$     |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $\notin$  | $\in$        |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A   | $\bar{A}$    |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 1            |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 0            |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Registro de representación Esquema Pictográfico (RREPG)</b>  |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |              |                  |              |   |   |   |   |   |      |       |          |          |       |  |   |  |   |   |            |       |       |       |       |          |          |          |       |          |          |          |          |  |   |   |             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 18**  
*Actividades cognitivas en el instrumento*

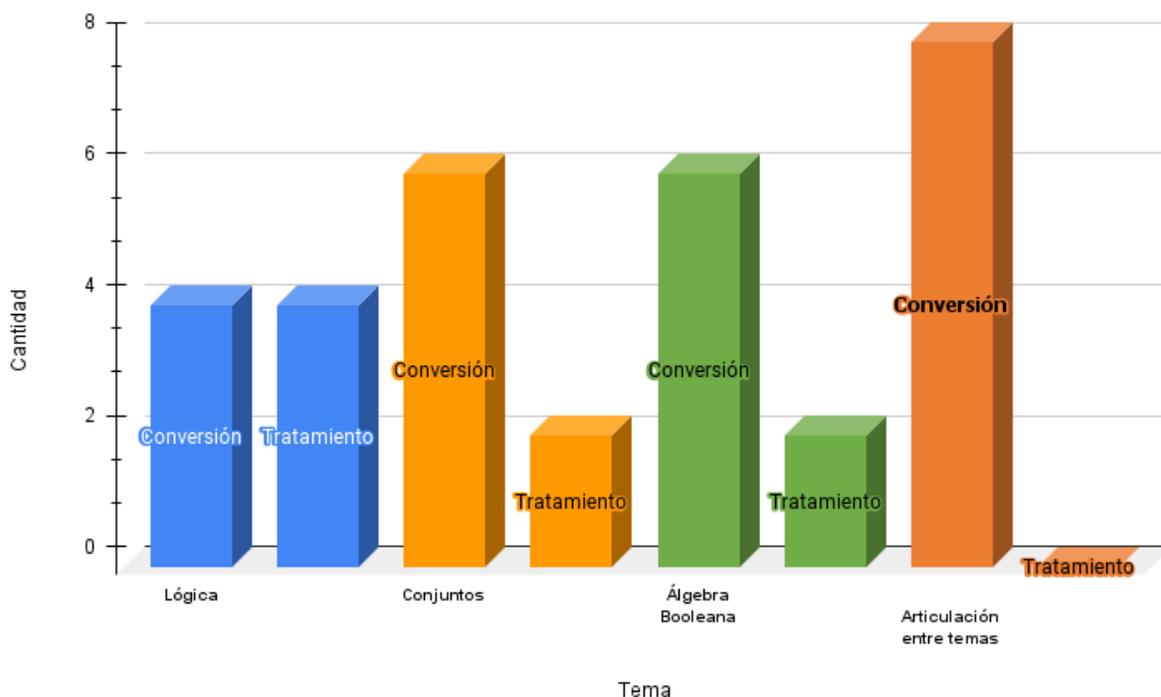
| Ítem                            | Registro Inicial  | Actividad cognitiva | Registro Final   |
|---------------------------------|---|---------------------|--|
| <b>Lógica</b>                   |   |                     |  |
| 1                               | r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural   | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 2                               | r <sup>3</sup> : Tabular  | Tratamiento         | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 3                               | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural  |
| 4                               | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 5                               | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 6                               | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 7                               | r <sup>3</sup> : Tabular  | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 8                               | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| <b>Conjuntos</b>                |   |                     |  |
| 9                               | r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural   | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 10                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico  |
| 11                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 12                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 13                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural  |
| 14                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 15                              | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico   | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 16                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| <b>Álgebra Booleana</b>         |   |                     |  |
| 17                              | r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural   | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 18                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 19                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>5</sup> : Lenguaje aritmético   |
| 20                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Tratamiento         | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 21                              | r <sup>3</sup> : Tabular  | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 22                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 23                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 24                              | r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural   | Conversión          | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico<br>r <sup>3</sup> : Tabular<br>r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica          |
| <b>Articulación entre temas</b> |   |                     |  |
| 25                              | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico   | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 26                              | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico<br>r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica | Conversión          | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico  |
| 27                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 28                              | r <sup>3</sup> : Tabular  | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 29                              | r <sup>3</sup> : Tabular  | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica<br>r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico                                      |
| 30                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>3</sup> : Tabular   |
| 31                              | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico   | Conversión          | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica   |
| 32                              | r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica  | Conversión          | r <sup>4</sup> : Esquema Pictográfico<br>r <sup>2</sup> : Escritura Simbólica<br>r <sup>1</sup> : Lenguaje Natural |

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que para el reconocimiento de los registros que se llevó a cabo, se consideró la clasificación de los registros semióticos para el proceso matemático de Duval (2017b). De acuerdo con esta clasificación, se identificaron el de Lenguaje Natural, Escritura Simbólica, Esquema Pictográfico; además de otros registros como el Tabular y el Lenguaje Aritmético. Por lo que, en este instrumento se identificaron cinco registros, los cuales particularmente se desglosaron en la Tabla 18, así como los registros inicial y final por ítem, además de la actividad cognitiva que se lleva a cabo.

En la Figura 22, se muestra una gráfica de las actividades cognitivas contabilizadas por tema, considerando la Tabla 18 para la cuantificación de transformaciones que se fomenta por cada tema del instrumento.

**Figura 22**  
*Actividades cognitivas que se fomentan por tema*



Por consiguiente, para el tema de lógica, de los ocho ítems, en cuatro se realizan conversiones entre registros de representación y en los otros cuatro tratamientos en el registro planteado en el ítem. Para el tema de conjuntos y AB se tiene el mismo número de conversiones (6) y tratamientos (2). Finalmente, para la articulación entre temas, todos los ítems implicaron una conversión entre registros de representación semiótica.

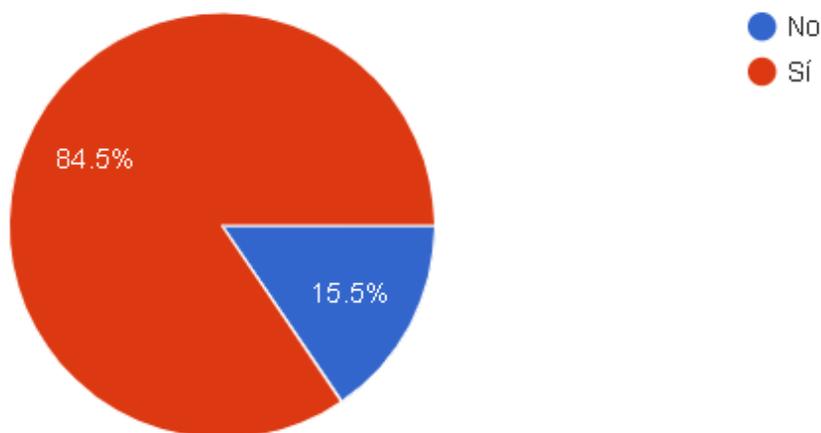
En la Figura 23 se muestra una gráfica de pastel de la pregunta dicotómica que se planteó en el instrumento, con respecto a su conocimiento sobre la *relación entre los temas de lógica, conjuntos y AB*.

**Figura 23**

*Pregunta que formó parte de la sexta sección del instrumento*

¿Conocías la relación entre lógica, conjuntos y álgebra booleana?

71 respuestas



En consecuencia, 60 informantes consideran que sí conocían la relación entre estos temas (84.5%) y 11 consideran que no la conocían (15.5%). Sin embargo, de estos 11 informantes que consideran que no conocen la relación entre estos tres temas; 2 se encuentran en el grupo A (grupo con mayor número de aciertos), 6 entre los grupos A y B, y 3 se encuentran en el grupo B (grupo con menor número de aciertos).

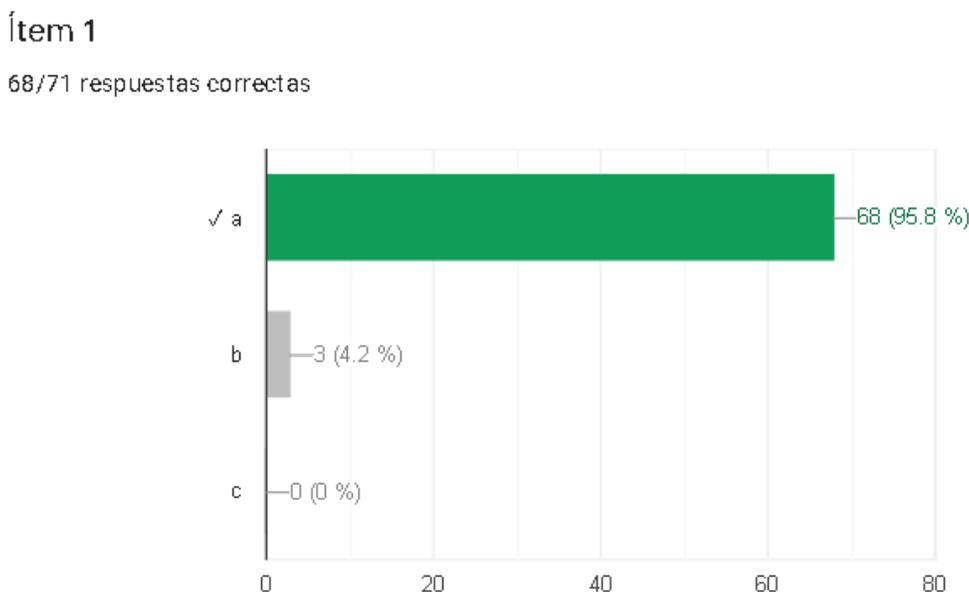
**4.7. Ítems**

A continuación, se muestran los análisis de los ítems 1, 3 y 16 que corresponden al tema de Lógica y AB. El motivo de su análisis es debido a que los dos primeros corresponden a los ítems con menor y mayor índice de dificultad, respectivamente. El ítem 16, corresponde al que tiene menor índice de discriminación y coeficiente de correlación biserial puntual del instrumento.

En la Figura 24, se muestra el porcentaje (95.8%) y total de estudiantes (68) que eligieron la respuesta correcta del ítem 1. De acuerdo con los resultados el ítem 1 es el ítem con menor índice de dificultad (.958) de los 32 ítems. Además, se puede destacar que para la mayoría de los informantes la distancia cognitiva entre ítem-respuesta es corta, por lo que se puede considerar que hay congruencia entre las representaciones, dado que se cumplen los criterios de correspondencia uno a uno, univocidad y orden entre los constituyentes significativos (símbolos, palabras o rasgos visuales) entre la representación fuente y la de llegada (Duval, 2016).

**Figura 24**

*Porcentaje y total de estudiantes que eligieron la opción a*



De acuerdo con resultados de los grupos A (grupo con mayor número de aciertos) y B (grupo con menor número de aciertos), de los tres informantes que eligieron la respuesta b (4.2%), dos de los estudiantes se encuentran en el grupo B. En la Figura 25 se muestran las respuestas de los informantes de *resume tu experiencia, haciendo un comentario con respecto a los temas y relación que pudiste observar* de los tres informantes que eligieron la respuesta b.

Se utiliza la letra E para denotar la respuesta del estudiante, seguido del número que corresponde al orden del estudiante de acuerdo con el número de aciertos que obtuvo. Donde 1 es quien obtuvo *mayor número de aciertos* y 71 quien obtuvo *menor número de aciertos*. Además, se agregan los términos GA (Grupo A), GB (Grupo B) y GE (Grupo que se encuentra entre los grupos A y B).

**Figura 25**

*Respuesta de los tres estudiantes que eligieron el inciso b del ítem 1*

**E71GB:** *Es lo que hemos visto en los cursos*

**E69GB:** *Estuvo bueno ya no recordaba unas cosas*

**E47GE:** *Me pareció una actividad necesaria ya que algunos temas como tablas de verdad o conjuntos, no son muy utilizados a este nivel de semestre, entonces recordar conceptos básicos nos aclaran la necesidad de su uso y estudio. Además de que los docentes pueden observar los ejercicios y temas que más se le dificultan al alumno.*

Cabe resaltar, que durante la implementación del instrumento no se menciona que los temas de lógica y conjuntos pertenecen a la asignatura de Matemáticas Elementales, asignatura que le antecede a Sistemas Digitales Combinacionales en la que se aborda el AB. Por lo que, las respuestas de los estudiantes, que se muestran en la Figura 20 y en adelante, son quienes destacan una relación entre temas y cursos anteriores. En el caso del E47GE no considera que los ha utilizado en el semestre, aun cuando respondió que *sí conocía la relación entre lógica, conjuntos y AB*.

Con respecto a la actividad cognitiva que fomenta el ítem 1, está la transformación por conversión. El registro inicial (RI) es el Lenguaje Natural (LN) y el registro final (RF) es la Escritura Simbólica (ES). En la Figura 26, se muestra el ítem 1 y las opciones como respuesta, misma que se encuentra en la sección de *Anexos* de este trabajo de investigación.

**Figura 26**

*Ítem 1 con sus opciones, la respuesta es el inciso a (de izquierda a derecha)*

|          |  |  |  |  |
|----------|--|--|--|--|
| <b>1</b> | ¿Cómo se denotan simbólicamente los operadores: conjunción, disyunción, negación, proposición condicional y bicondicional respectivamente? | $\wedge, \vee, \sim, \rightarrow, \leftrightarrow$ | $\vee, \wedge, \sim, \rightarrow, \leftrightarrow$ | $\wedge, \vee, \sim, \leftrightarrow, \rightarrow$ |
|----------|--|--|--|--|

De acuerdo con las respuestas se tiene que tres estudiantes consideran que la disyunción se puede denotar simbólicamente con  $\wedge$ . Circunstancia que no sucedió con la doble implicación ( $\leftrightarrow$ ) y la implicación ( $\rightarrow$ ), dado que no hubo informante que eligiera el inciso c.

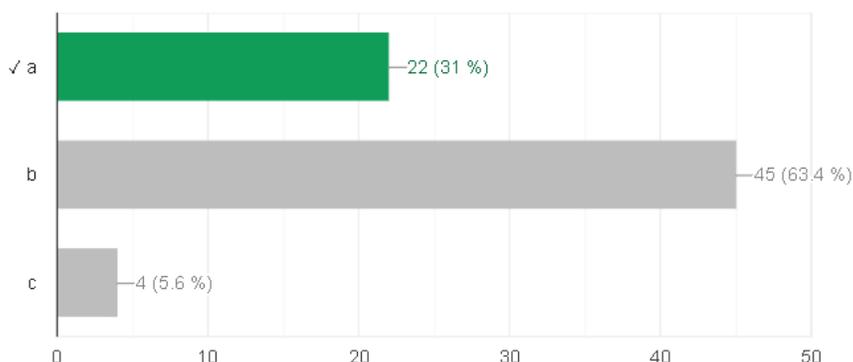
En la Figura 27 se muestra el porcentaje (31%) y total de estudiantes (22) que eligieron la respuesta correcta. El ítem 3 es el de mayor dificultad (.31) de los 32 ítems. De acuerdo con las respuestas, el inciso distractor es el b, debido a que hubo un total de 45 informantes (63.4%) que eligieron esta opción.

### Figura 27

Porcentaje y total de estudiantes que respondieron el ítem 3

Ítem 3

22/71 respuestas correctas



En la Figura 28, se muestran las respuestas de *resume tu experiencia, haciendo un comentario con respecto a los temas y relación que pudiste observar* de los estudiantes que hayan elegido el inciso b, además de considerar que *no conocían la relación entre los temas de lógica, conjuntos y AB*.

### Figura 28

Respuesta de los estudiantes que desconocían la relación entre los temas.

**E65GB:** Tiene mucho que ver, van de la mano con otros temas

**E52GE:** Pues realmente me di cuenta de que los primeros temas que se ven empezando la carrera, voy a seguirlos ocupando en más semestres para poder realizar ejercicios un poco más complejos pero con conocimientos anteriores.

**E49GE:** Nunca había trabajado con conjuntos y álgebra booleana juntos, pero creo que las inferencias entre las relaciones que tienen son muy visibles.

**E44GE:** Ninguna

**E12GA:** Me di cuenta de que hay conocimientos que adquirí y necesito reforzar para recordarlos

**E3GA:** Me sorprendí con la combinación de conjuntos y lógica con algebra booleana ya que nunca lo había visto

Con respecto a la actividad cognitiva que se fomenta en el ítem 3, es la transformación por conversión. El RI es la ES y el RF es LN. En la Figura 29, se muestra el ítem 3 y las opciones como respuesta.

**Figura 29**

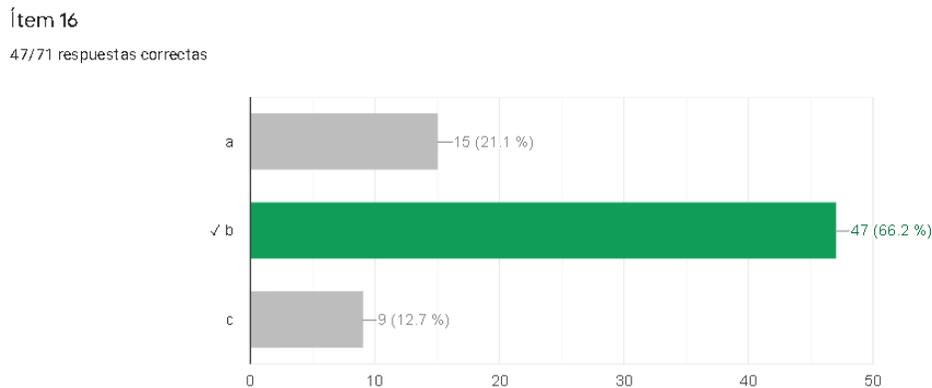
Ítem 3 y sus tres opciones, respuesta inciso c (de izquierda a derecha)

|  |              |            |               |
|--|--------------|------------|---------------|
| La siguiente proposición compuesta es una:<br>$(p \leftrightarrow q) \wedge (q \leftrightarrow p)$ | Contingencia | Tautología | Contradicción |
|--|--------------|------------|---------------|

En la Figura 31 se muestra el porcentaje (66.2%) y total de estudiantes (47) que eligieron la respuesta correcta del ítem 16, con índice de dificultad (p) igual a .66. De acuerdo con los valores del índice de discriminación, este ítem cuenta con baja discriminación, debido a que el Grupo B (grupo con menor número de aciertos), supera por una respuesta correcta al Grupo A (grupo con mayor número de aciertos). La actividad cognitiva que fomenta el ítem es la conversión, dado que el Registro Inicial es la Escritura Simbólica y el Registro Final es el Tabular.

**Figura 31**

Porcentaje y total de estudiantes que respondieron el ítem 16



De acuerdo con los resultados, son 24 informantes que eligieron otra respuesta, entre los posibles factores que pudieron influir se encuentran la distancia cognitiva entre registros, las leyes para las operaciones de conjuntos y las características que distinguen a la Tabla de pertenencia de la tabla de verdad. En la Figura 32, se muestra el ítem 16 con sus respectivos incisos.

**Figura 32.**

Ítem 16 y sus tres opciones, respuesta inciso b (de izquierda a derecha)

|  |          |          |              |  |          |          |                |  |          |          |                |
|--|----------|----------|--------------|--|----------|----------|----------------|--|----------|----------|----------------|
| ¿Qué tabla de pertenencia corresponde a la siguiente expresión?<br><br>$(A \cap B)'$ | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>A ∪ B</b> |  | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>A' ∪ B'</b> |  | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>A' ∩ B'</b> |
|  | ∈        | ∈        | ∈            |  | ∈        | ∈        | ∉              |  | ∈        | ∈        | ∉              |
|  | ∈        | ∉        | ∈            |  | ∈        | ∉        | ∈              |  | ∈        | ∉        | ∉              |
|  | ∉        | ∈        | ∈            |  | ∉        | ∈        | ∈              |  | ∉        | ∈        | ∉              |
|  | ∉        | ∉        | ∉            |  | ∉        | ∉        | ∈              |  | ∉        | ∉        | ∈              |

#### 4.8. Representaciones Semióóticas de los informantes

Para solucionar el ítem 3, se puede optar por el uso del registro tabular, como se muestra en la respuesta del **E16GA** en la Figura 30. De acuerdo con los resultados, la probabilidad de elegir la respuesta correcta de este ítem es del 31 %. La respuesta correcta es *Contingencia*, debido a que una *Tautología* es aquella en la que todos los valores del total de combinaciones deben de ser verdaderas, por otra parte si fuera *Contradicción* los valores tendrían que ser falsos para todos sus casos.

**Figura 30**

*Solución utilizando el registro tabular*

| P | Q | $P \rightarrow Q$ | $Q \rightarrow P$ | $P \wedge Q$ |
|---|---|-------------------|-------------------|--------------|
| V | V | V                 | V                 | V            |
| V | F | F                 | F                 | F            |
| F | V | F                 | F                 | F            |
| F | F | V                 | V                 | V            |

El ítem 14 ( $p=.68$ ) tiene características similares (registro inicial y final, uso de leyes para operaciones de conjuntos) al ítem 16 ( $p=.66$ ). En la Figura 33 se muestra el proceso que lleva a cabo **E23GE** para responder el ítem 14, realizando la operación unión del conjunto A y B, posteriormente aplica el complemento a los valores (izquierda), para el caso de la respuesta del ítem 16, utiliza la tabla de pertenencia (derecha), aunque no concluye ambas tablas, elige la respuesta correcta de los ítems 14 y 16.

**Figura 33**

*Representaciones del ítem 14 y 16*

| A | B | $(A \cup B)^c$ |   |
|---|---|----------------|---|
| E | E | E              | E |
| E | F | E              | F |
| F | E | E              | F |
| F | F | E              | E |

| A | B | $A \cap B$ |
|---|---|------------|
| E | E | E          |
| E | F |            |
| F | E |            |
| F | F |            |

En la Tabla 19 se muestra una “red cognitiva implícita” (Duval, 2016, p.87) de **E8GA**, entre diferentes representaciones de diferentes ítems, cabe destacar que dicho estudiante es uno de los 9 informantes (**E2GA**, **E3GA**, **E5GA**, **E6GA**, **E11GA**, **E13GA**, **E24GE**, **E27GE**) que eligieron la respuesta correcta a los 8 ítems del bloque *articulación entre temas*.

**Tabla 19**

Representaciones del E8GA e ítems 30, 31 y 32

| Infor. P1 | R1  | No. | Ítem  | Representación |
|-----------|---|-----|---|----------------|
| E8GA Sí   | Sus comportamientos las operaciones de álgebra booleana, de lógica y de teoría de conjuntos | 30  | <p>Selecciona la tabla de verdad correspondiente a las siguientes expresiones equivalentes, considerando que la 1) está en maxitérminos</p> <p>1) <math>r = \prod(0, 1)</math><br/>                 2) <math>r \equiv (p \wedge \sim q) \vee (p \wedge q)</math></p>                    |                |
|           |   | 31  | <p>Elije la proposición compuesta que representa al siguiente diagrama de conexión, considerando que <math>A = p</math>, <math>B = q</math> y <math>S = r</math></p>  |                |
|           |   | 32  | <p>¿Qué expresión booleana, diagrama de conexión y leyes aplicadas corresponden a la siguiente proposición compuesta, considerando que <math>p = A</math>, <math>q = B</math> y <math>r = S</math>?</p> <p><math>\sim(p \vee q) \wedge (\sim(\sim q \wedge \sim p)) \equiv r</math></p> |                |

Nota: Infor.: Informante, P1: ¿Conocías la relación entre Lógica, Conjuntos y Álgebra Booleana?, R1: Resume tu experiencia, haciendo un comentario con respecto a los temas y relación que pudiste observar

Se observó que E8GA establece una correspondencia entre representaciones de diferentes registros: AND y OR con  $\wedge$  y  $\vee$ , después en el ítem 31 lo hace con los diagramas de conexión. Posteriormente, relaciona las representaciones  $\wedge, \vee$  y  $\sim$  con  $\times, +$  y  $-$ , para determinar la tabla de verdad que corresponde a la expresión del ítem 30, esta misma relación se presenta en el ítem 32. Por último, en su respuesta destaca que los temas están interconectados, estableciendo una articulación entre estos, posterior a la solución de los 32 ítems.

## CONCLUSIONES

Una dificultad que persistió en los temas de Lógica, Conjuntos y Álgebra Booleana, es que no es suficiente con reconocer las representaciones semióticas del mismo objeto para solucionar ejercicios que utilicen las mismas representaciones posteriormente. En Lógica, específicamente con los ítems 1 y 3, si bien la mayoría de los informantes (95.8%) reconoció las representaciones semióticas de *disyunción*, *conjunción*, *negación*, *doble implicación e implicación* en escritura simbólica, esto no marcó una diferencia al contestar el ítem 3, en el cual se solicitaba determinar si la proposición compuesta  $(p \leftrightarrow q) \wedge (q \leftrightarrow p)$  es *contingencia*, *tautología* o *contradicción*. Entre las posibles causas se encuentra la necesidad de utilizar otro registro como el tabular para dar respuesta al ítem 3. En el tema de Conjuntos sucede algo similar en los ítems 9 y 13, aunque para este caso tenemos un menor número de informantes (61%) que eligen la representación en escritura simbólica que corresponde a los objetos *unión*, *intersección*, *diferencia* y *complemento* de forma correcta, en el ítem 13 la cantidad que eligen la respuesta correcta disminuye (54.9%); una de las alternativas para hallar el resultado es el uso de la tabla de pertenencia para determinar por los resultados de  $A \cap A'$  la propiedad o ley que le corresponden.

Longino et al. (2006) destaca que los estudiantes tienen la dificultad para establecer una relación entre la tabla de verdad y el mapa de Karnaugh, aun cuando la segunda se puede derivar de la primera. Dificultad que sucede en los ítems 22 y 23. En el ítem 22, se solicita hallar la tabla de verdad a partir de la expresión booleana, el porcentaje de informantes que eligen la respuesta correcta es del 66.7%, dicho porcentaje disminuye a 58.2% en el ítem 23 aunque podrían haber considerado como alternativa el uso del registro tabular, es decir la Tabla de Verdad a partir de la expresión booleana para obtener el Mapa de Karnaugh.

Las representaciones que evidenciaron los informantes para transformaciones por tratamiento y conversión durante la solución del instrumento fueron de los registros: Tabular (Tablas de pertenencia y Tablas de Verdad), Esquema Pictográfico (Diagramas de Conexión y Diagramas de Venn), Escritura simbólica (Expresiones proposicionales, de conjunto y booleanas) y el Lenguaje Natural (Modo de producción fenomenológico la escritura). Además, se presentaron evidencias bastante interesantes en la *articulación entre temas*, pues en lugar de utilizar los valores: verdadero o falso en las tablas de verdad para Lógica utilizaron los valores uno o cero que se utilizan en las tablas de verdad para Álgebra Booleana, interrelacionando

representaciones de diferentes temas. Otro caso sucedió con el estudiante que articuló las representaciones de los tres temas en el último bloque, tanto en escritura simbólica como tabular.

De acuerdo con los resultados de la evaluación por parte de expertos de las áreas de Matemáticas, Electrónica, Mecatrónica y Educación Matemática, utilizando el estadístico V de Aiken, se pudo probar que el cuestionario es válido, debido a que en las tres categorías consideradas para la evaluación del instrumento (Calidad, Coherencia y Relevancia) y el número de expertos (5) que lo evaluaron, se obtuvo un valor mayor a .90. Correspondiente a la implementación del cuestionario a 83 estudiantes de las carreras de Electrónica y Mecatrónica, de los cuales se consideraron 71 solamente, dado que 13 de ellos no contestaron toda la prueba, se puede probar que el cuestionario es confiable, debido al valor calculado del estadístico Kuder-Richardson 20, el cual fue mayor a .80, valor que permite determinar que el instrumento es confiable. En consecuencia, se contó con un cuestionario válido y confiable para el desarrollo de este trabajo de investigación, que se puede implementar por docentes que impartan asignaturas en las que se aborden los temas que componen al instrumento, con una cantidad de informantes mayor para comprobar su confiabilidad e incluso ajustarse dependiendo del contexto curricular de cada carrera que aborde Lógica, Conjuntos y Álgebra Booleana.

Derivado del análisis y resultados obtenidos, se propusieron distintos temas para investigar a futuro, de los cuales se mencionan a continuación tres.

De acuerdo con Duval (2017a), el análisis de las funciones cognitivas contribuye en distintas áreas como la psicología cognitiva, inteligencia artificial y la didáctica. Según Aguilar-Romero y Juárez-Ruiz (2021), para el caso particular de la inteligencia artificial en la educación, esta investigación contribuirá al desarrollo de una red de registros de representación semiótica con el posible objetivo de orientar al desarrollador en el diseño de un sistema tutorial inteligente, específicamente con el software Herramientas de Creación de Tutores Cognitivos (CTAT), debido a que la estructura de diseño con CTAT se parecería a la propuesta de las redes de registros de representación semiótica. Por lo que, este trabajo se consideraría base para otra investigación, orientada al desarrollo de tutores cognitivos en temas sobre lógica, conjuntos y álgebra booleana.

Al identificar la actividad cognitiva de conversión en algunos ítems con su respectiva respuesta en contraste con el índice de dificultad calculado, se observa que no necesariamente la conversión es en todos los casos compleja, debido a que se cuenta con un instrumento

moderadamente fácil en promedio; desde la perspectiva de Duval (2016) esto se refiere a la distancia cognitiva entre el registro de partida y llegada, por lo que entre menor sea el índice de dificultad en transformaciones por conversión indicaría un mayor grado de congruencia entre representaciones. Como ejemplo de esto, se presenta el caso de la última sección del instrumento, en el que la actividad cognitiva que se planteó fue en todos sus casos la conversión, sin embargo, el nivel de dificultad promedio de este tema, también es catalogado como moderadamente fácil. En consecuencia, se puede generar una propuesta en la que se aborden diferentes temas de matemáticas, que permita identificar las actividades cognitivas que se fomentan, asimismo que conlleve a analizar la transformación por conversión, debido a que desde el punto de vista cognitivo resulta ser más compleja dicha actividad; así como distinguir el fenómeno de congruencia que permita categorizar los ítems y respuestas, previo a representaciones en las que no hay congruencia.

Por último, mejorar la propuesta teórico-práctica denominada Red de Registros de Representación Semiótica (RRRS) (Aguilar-Romero y Juárez-Ruiz, 2021) para desarrollarlo como una herramienta que se pueda utilizar en la Teoría APOE, específicamente en el ciclo ACE, para el análisis de las dificultades cognitivas que se puedan presentar.

## REFERENCIAS

- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Aiken, L. (2003). *Tests psicológicos y evaluación*. Pearson Education.
- Aguilar-Romero, J. H. (2020). Uso de recursos digitales para el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre álgebra booleana a técnicos en electrónica. En E. Ruíz-Velasco & J. Bárcenas-López (Eds.), *Movilidad virtual de experiencias educativas* (pp. 511–522). Sociedad Mexicana de Computación en la Educación (SOMECE).  
<https://books.google.com.mx/books?id=BzQNEAAAQBAJ&lpg=PP1&hl=es&pg=PA511#v=onepage&q=juan%20hadad&f=false>
- Aguilar-Romero, J. (2021) Entrevista Clínica como estrategia didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre Álgebra Booleana. *Revista de Investigación y Divulgación en Matemática Educativa*. 17(2). 37-44.  
<https://anyflip.com/dxmzy/jtrg/?fbclid=IwAR1SJrcAfe05fodDKcmVrA7SYmIu39K3yOeJTLQJHOTNKwJz3r2I0a0S8Y>
- Aguilar-Romero, J. H., Juárez-Ruiz, E., & Rondero-Guerrero, C. (2021). Validez, Confiabilidad y Actividades Cognitivas que promueve un instrumento digital: Un Estudio Cuantitativo. In E. E. Aveleyra, M. Proyetti Martino, F. Bonelli, D. Mazzoni, G. Musso, J. Perri, & R. Veiga (Eds.), *Convergencia entre educación y tecnología: hacia un nuevo paradigma* (1ra. Ed, pp. 451–455). Editorial Universitaria de Buenos Aires EUDEBA. [https://r-libre.telug.ca/2437/1/Libro\\_de\\_resúmenes\\_EDUTEC\\_2021.pdf](https://r-libre.telug.ca/2437/1/Libro_de_resúmenes_EDUTEC_2021.pdf)
- Aguilar-Romero, J., & Juárez-Ruiz, E. (2021). Red de Registros de Representación Semiótica: Diseño y Elaboración. In A. Rosas (Ed.), *Resúmenes del 7º Congreso Internacional de Matemática Educativa* (p. 74). Editorial Lectorum.
- Aguilar-Romero, J. H., & Juárez-Ruiz, E. (2022). Validez, Confiabilidad, Análisis de reactivos y Actividades Cognitivas de un Instrumento: Recursos digitales para un estudio Cuantitativo. In E. E. Aveleyra & M. A. Proyetti Martino (Eds.), *Escenarios y recursos para la enseñanza con tecnología: desafíos y retos* (pp. 739-752). Editorial Octaedro. <https://doi.org/10.36006/16361>

- Attorresi, H., Aguerri, M.E. & Galibert, M.S. (1999). Aplicación del modelo logístico de tres parámetros en una prueba de completar. *Investigaciones en Psicología*, 4(1), 7-25.
- Cedano, M. A., Rubio, J. A., Cedano, A., & Vega, A. (2014). *Fundamentos de computación para ingenieros* (1ra. Ed.). Grupo Editorial Patria.
- Corral, Y. (2009). Confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista ciencias de la educación* 33 (19) pp. 228-247
- D'Amore, B. (2006). Objetos, significados, representaciones semióticas y sentido. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa Relime, Número Especial*, 177–195.
- D'Amore, B. (2009). Conceptualización, registros de representaciones semióticas y noética: interacciones constructivistas en el aprendizaje de los conceptos matemáticos e hipótesis sobre algunos factores que inhiben la devolución. *Revista Científica*, 11, 150–164. <https://doi.org/10.14483/23448350.419>
- D'Amore, B. & Fandiño Pinilla, M.I. (2012a). *Análisis de situaciones de aula en el contexto de la práctica de investigación: un punto de vista semiótico*. *Educación Matemática*, 24(3), pp. 121-149. <http://somidem.com.mx/descargas/Vol24-3.pdf>
- D'Amore, B., & Fandiño Pinilla, M. I. (2012b). *El número Cero. Aspectos históricos, epistemológicos, filosóficos, conceptuales y didácticos del número más misterioso* (1ra. Ed.). Cooperativa Editorial Magisterio.
- D'Amore, B., Fandiño Pinilla, M.I. & Iori, M. (2014). *La Semiótica en la Didáctica de la Matemática* (1ra. Edición). NEISA.
- Debenedictis, E. P. (2016). The Boolean Logic Tax. *Computer*, 49(4), 79–82. <https://doi.org/10.1109/MC.2016.103>
- Doran, R. (1980). *Basic Measurement and Evaluation of Science Instruction*. Washington, D. C.: National Science Teachers Association.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>

- Duval, R. (2016). Un análisis cognitivo de problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. *Comprensión y Aprendizaje En Matemáticas : Perspectivas Semióticas Seleccionadas*, 1(2), 61–94. <http://funes.uniandes.edu.co/12213/1/Duval2016Un.pdf>
- Duval, R., (2017a). *Semiosis y pensamiento. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Universidad del Valle.
- Duval, R. (2017b). *Understanding the mathematical way of thinking: The registers of semiotic representations*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Ebel, R. y Frisbie, D. (1991). *Essentials of educational measurement*. Prentice-Hall.
- Fetterman, M. R. (2009). Design for high-speed optoelectronic boolean logic. *IEEE Photonics Technology Letters*, 21(23), 1740–1742. <https://doi.org/10.1109/LPT.2009.2031598>
- Franco, A. (2008). Uno más uno son diez: recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje de los números binarios en educación secundaria. *Educación Matemática*, 20(2), 103–120. <http://www.revista-educacion-matematica.com/descargas/Vol20-2.pdf>
- Galicia Alarcón, L.A., Balderrama Trápaga, J. A. & Edel Navarro, R. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. *Apertura*, 9 (2), pp. 42-53. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v9n2.993>
- Godino, J., Wilhelmi, M., Blanco, T. Contreras, A. & Giacomone, B.(2016). Análisis de la actividad matemática mediante dos herramientas teóricas: Registros de representación semiótica y configuración ontosemiótica, *Avances de Investigación en Educación Matemática, AIME*, 10, 91-110. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i10.144>
- Guzmán, I. (1998). Registros de representación, el aprendizaje de nociones relativas a funciones: voces de estudiantes. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, Relime*, 1 , 5–21. <https://www.redalyc.org/pdf/335/33510102.pdf>
- Harris, D., y Harris, S. (2013). *Digital design and computer architecture* (2da. Ed.). Elsevier.
- Herman, G. L., & Handzik, J. (2010). A preliminary pedagogical comparison study using the Digital Logic Concept Inventory. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2010.5673591>

- Herman, G. L., Loui, M. C., Kaczmarczyk, L., y Zilles, C. (2012). Describing the what and why of students' difficulties in Boolean logic. *ACM Transactions on Computing Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1145/2133797.2133800>
- Herman, G. L., Zilles, C., & Loui, M. C. (2011). How do students misunderstand number representations? *Computer Science Education*, 21(3), 289–312. <https://doi.org/10.1080/08993408.2011.611712>
- Jiménez Murillo, J.A. (2015). *Matemáticas para la computación* (2da. Edición). Alfaomega.
- Kuder, G.F., Richardson, M.W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika* 2, 151–160. <https://doi.org/10.1007/BF02288391>
- Longino, J. T., Loui, M., & Zilles, C. (2006). Student Misconceptions in an Introductory Digital Logic Design Course. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Lord, F. (1952). *A Theory of Test Scores*. Psychometric Corporation. <http://www.psychometrika.org/journal/online/MN07.pdf>
- Medina Paredes, J., Ramírez Díaz, M. & Miranda, I. (2019). Validez y confiabilidad de un test en línea sobre los fenómenos de reflexión y refracción del sonido. *Apertura*, 11(2), pp. 104-121. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v11n2.1622>
- Meneses, J., Barrios, M., Bonillo, A., Cosculluela, A., Lozano, L. M., Turbany, J., & Valero, S. (2013). *Psicometría*. Editorial UOC.
- Ontiveros, M. (2015). *George Boole y la Lógica Simbólica*. <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/22017>
- Radford, L. (2006). Introducción Semiótica y Educación Matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, Relime, Número Especial*, 7–21. <http://funes.uniandes.edu.co/9699/1/Radford2006Semiotica.pdf>
- Rey, A. (2013). La lógica booleana en la informática. *Q.e.d. Ciencias Duras En Palabras Blandas*, 6, 20–24. [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/qed/qed\\_n006.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/qed/qed_n006.pdf)
- Rondero, C., Crillo, A., Tarasenko, A., Pérez, M., Acosta, J. y Karelin, O. (2013). *La formación de profesores en competencias matemáticas*. México: Ediciones Díaz de Santos

Tomaszewicz, P., Nowicka, M., Falkowski, B., & Łuba, T. (2007). Logic synthesis importance in FPGA-based designing of image and signal processing systems. *Proceedings of the 14th International Conference "Mixed Design of Integrated Circuits and Systems", MIXDES 2007*, 141–14

Villalpando Becerra, J. F., & García Sandoval, A. (2014). *Matemáticas discretas : aplicaciones y ejercicios*. Grupo Editorial Patria.

[https://books.google.com.mx/books?id=WdThBAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=WdThBAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

## ANEXO

### Planilla Juicio de Expertos Versión Final

Respetado juez: Debido a su dedicación, trayectoria y experiencia como docente e investigador se pide de forma respetuosa la evaluación de este instrumento que forma parte del trabajo de tesis del estudiante de Maestría en Educación Matemática el Lic. Juan Hadad Aguilar Romero. La evaluación de este instrumento es de suma importancia para que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de estos sean utilizados eficientemente; Agradecemos su valiosa colaboración y tiempo para realizar dicha evaluación.

Nombres y Apellidos del Juez: \_\_\_\_\_

Formación Académica: \_\_\_\_\_

Áreas de Experiencia Profesional: \_\_\_\_\_

Tiempo \_\_\_\_\_ Cargo Actual \_\_\_\_\_

Institución \_\_\_\_\_

Correo Electrónico: \_\_\_\_\_

Objetivo de la investigación: Diseñar parcial o totalmente un sistema tutorial inteligente sobre álgebra booleana

Objetivo del juicio de expertos: Validar el instrumento a partir del juicio de expertos en el área

Objetivo de la prueba: Evaluar los conocimientos de los estudiantes acerca de lógica, conjuntos y álgebra booleana, así como la relación que existe entre estos conocimientos

Las categorías consideradas para la evaluación de este instrumento son tres, a continuación, se muestra la calificación y el indicador para las dos posibles calificaciones

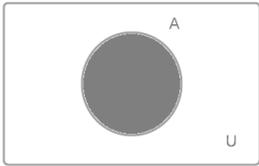
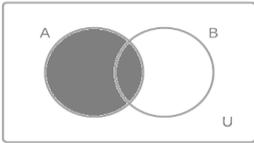
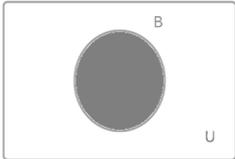
| Categoría   | Calificación              | Indicador   |
|---|---------------------------|---|
| <b>Claridad</b><br><br>El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas | 1. No cumple con criterio | El ítem no es claro   |
|   | 2. Moderado Nivel         | Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem |
|   | 3. Alto nivel             | El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada                           |
| <b>Coherencia</b><br><br>El ítem tiene relación lógica con el tema que está midiendo                      | 1. No cumple con criterio | El ítem no tiene relación lógica con el tema                                    |
|   | 2. Moderado Nivel         | El ítem tiene una relación moderada con el tema que está midiendo               |
|   | 3. Alto nivel             | El ítem se encuentra completamente relacionado con el tema que está midiendo    |
| <b>Relevancia</b><br><br>El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido                    | 1. No cumple con criterio | El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión |
|   | 2. Moderado Nivel         | El ítem es relativamente importante   |
|   | 3. Alto nivel             | El ítem es muy relevante y debe ser incluido                                    |

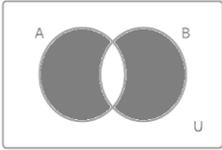
### Hoja de Evaluación

| Tema  | N°<br>Ítem | Categorías |   |   |            |   |   |            |   |   | Sugerencias |
|---|------------|------------|---|---|------------|---|---|------------|---|---|-------------|
|   |            | Claridad   |   |   | Coherencia |   |   | Relevancia |   |   |             |
|   |            | 1          | 2 | 3 | 1          | 2 | 3 | 1          | 2 | 3 |             |
| <b>Lógica</b>   | 1          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 2          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 3          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 4          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 5          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 6          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 7          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 8          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| <b>Conjuntos</b>  | 9          |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 10         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 11         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 12         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 13         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 14         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 15         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 16         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| <b>Álgebra Booleana</b>   | 17         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 18         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 19         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 20         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 21         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 22         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 23         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 24         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| <b>Relación</b>   | 25         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 26         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 27         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 28         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 29         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 30         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 31         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
|   | 32         |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| <b>Aspectos Generales</b>   |            |            |   |   |            |   |   |            |   |   | *****       |
| El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario  |            |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación  |            |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| Los ítems están distribuidos en forma lógica y secuencial   |            |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |
| El número de ítems es suficiente para recoger la información, En caso de ser negativa su respuesta sugiera los ítems a añadir |            |            |   |   |            |   |   |            |   |   |             |

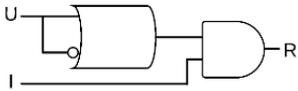
### Hoja de Ítems

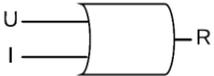
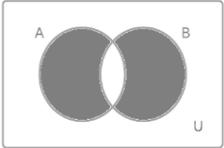
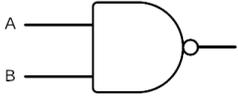
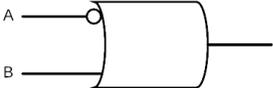
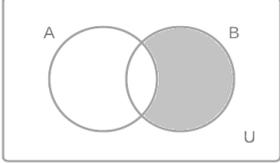
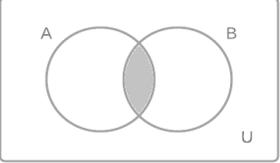
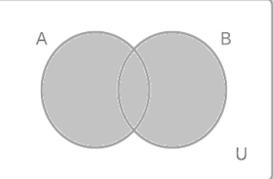
| N° | Ítem  | Opciones  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |   | a)  | b)   | c)   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | ¿Cómo se denotan simbólicamente los operadores: conjunción, disyunción, negación, proposición condicional y bicondicional respectivamente?  | $\wedge, \vee, \sim, \rightarrow, \leftrightarrow$  | $\vee, \wedge, \sim, \rightarrow, \leftrightarrow$ | $\wedge, \vee, \sim, \leftrightarrow, \rightarrow$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  | Elije los valores faltantes de la siguiente tabla de verdad <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>p</th> <th>q</th> <th><math>p \vee q</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>V</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>V</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>F</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | p   | q  | $p \vee q$   | V | V |   | V | F |   | F | V |   | F | F |   | <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>F</td></tr> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>V</td></tr> </tbody> </table> | F   | V | V | V | <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>F</td></tr> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>F</td></tr> </tbody> </table> | F | V | V | F | <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>V</td></tr> <tr><td>F</td></tr> </tbody> </table> | V | V | V | F |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | $p \vee q$  |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  |   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | La siguiente proposición compuesta es una:<br>$(p \leftrightarrow q) \wedge (q \leftrightarrow p)$  | <b>Contingencia</b>   | <b>Tautología</b>                                  | <b>Contradicción</b>                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | ¿Cuál es el equivalente lógico de la siguiente proposición?<br>$(\sim p) \wedge (p \vee r)$   | $(p \wedge \sim p) \vee (r \wedge \sim p)$  | $(\sim p \wedge p) \wedge (r \wedge \sim p)$       | $(p \vee \sim p) \wedge (r \vee \sim p)$           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | Selecciona la tabla de verdad que corresponda a la siguiente proposición compuesta<br>$(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p) \equiv r$   | <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>p</th> <th>q</th> <th>r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table> | p  | q  | r | V | V | V | V | F | V | F | V | V | F | F | F  | <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>p</th> <th>q</th> <th>r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table> | p | q | r | V  | V | F | V | F | V  | F | V | V | F | F | F | <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>p</th> <th>q</th> <th>r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>V</td></tr> </tbody> </table> | p | q | r | V | V | V | V | F | F | F | V | F | F | F | V |
| p  | q   | r   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | F   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | r   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | F   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | F   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | r   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | F   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | F   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | V   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | Aplicando las leyes de D'Morgan en  | $(p \rightarrow \sim(\sim p)) \wedge (q \rightarrow \sim(\sim q))$  | $(\sim p \vee \sim q) \vee (\sim p \wedge \sim q)$ | $(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

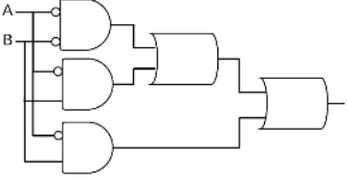
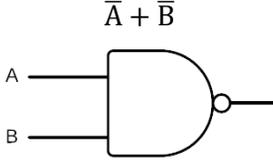
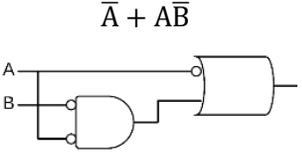
|    | <p>lógica</p> <p>¿Cuál sería el equivalente de la siguiente expresión?</p> $(\sim(p \wedge q)) \vee (\sim(p \vee q))$   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7  | <p>¿Cuál es la proposición compuesta de las siguientes opciones que cumple con la siguiente tabla de verdad?</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin: 10px;"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table> | p  | q   | r   | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | F | $(p \leftrightarrow q) \wedge (q \leftrightarrow p) \equiv r$ | $(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p) \equiv r$  | $\sim((p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)) \equiv r$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | r  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  | <p>Elije la tabla de verdad que corresponda a la siguiente proposición compuesta</p> $(\sim p \wedge q) \vee (p \wedge \sim q) \equiv r$  | <table border="1" style="display: inline-table; margin: 10px;"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table> | p   | q   | r | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | F   | <table border="1" style="display: inline-table; margin: 10px;"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>V</td></tr> </tbody> </table> | p   | q | r | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | V | <table border="1" style="display: inline-table; margin: 10px;"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>V</td></tr> </tbody> </table> | p | q | r | V | V | V | V | F | F | F | V | F | F | F | V |
| p  | q   | r  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | r  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q   | r  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V   | F  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F   | V  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  | <p>¿Qué símbolos se utilizan para representar las siguientes operaciones de conjuntos: unión, intersección, diferencia y complemento respectivamente?</p>   | $\cup, \cap, -, '$   | $\cap, \cup, \ominus, '$  | $\cup, \cap, \neq, '$   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 | <p>Considera el área sombreada para seleccionar el diagrama de Venn que corresponde a la siguiente operación de conjuntos</p> $(A \cap A') \cup B$  |    |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | <p>Aplicando la ley distributiva</p>  | $(B \cup C) \cup (B \cup A)$   | $(B \cap C) \cup (B \cap A)$  | $(B \cap C) \cap (B \cap A)$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

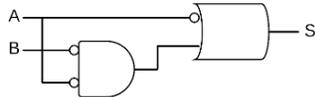
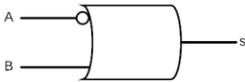
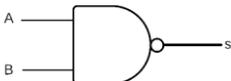
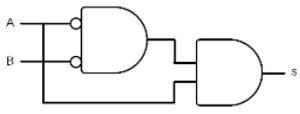
|    | ¿Cuál sería el equivalente de la siguiente expresión?<br>$B \cap (C \cup A)$   |  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|--|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|---|--|--------------|---|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Aplicando las leyes de D' Morgan para conjuntos<br>¿Cuál sería el equivalente de la siguiente expresión?<br>$(A \cup B)' \cap (A \cap B)'$                       | $(A' \cup B') \cup (A' \cap B')$   | $(A' \cap B') \cup (A' \cap B')$ | $(A' \cap B') \cap (A' \cup B')$ |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 | ¿Qué propiedad o ley corresponde a la siguiente igualdad?<br>$A \cap A' = \emptyset$   | <b>Contradicción</b>   | <b>Diferencia</b>                | <b>Idempotencia</b>              |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 | ¿Qué tabla de pertenencia corresponde a la siguiente expresión?<br>$(A \cup B)'$   | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>(A \cup B)'</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€</td> <td>€</td> <td>€</td> </tr> <tr> <td>€</td> <td>∅</td> <td>€</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>€</td> <td>€</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>∅</td> <td>∅</td> </tr> </tbody> </table> | A                                | B                                | $(A \cup B)'$ | € | € | € | €   | ∅ | € | ∅            | € | € | ∅ | ∅   | ∅ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>(A \cup B)'</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€</td> <td>€</td> <td>∅</td> </tr> <tr> <td>€</td> <td>∅</td> <td>€</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>€</td> <td>€</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>∅</td> <td>∅</td> </tr> </tbody> </table> | A            | B | $(A \cup B)'$ | € | € | ∅ | € | ∅ | € | ∅ | € | € | ∅ | ∅ | ∅ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>(A \cup B)'</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€</td> <td>€</td> <td>∅</td> </tr> <tr> <td>€</td> <td>∅</td> <td>∅</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>€</td> <td>∅</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>∅</td> <td>€</td> </tr> </tbody> </table> | A | B | $(A \cup B)'$ | € | € | ∅ | € | ∅ | ∅ | ∅ | € | ∅ | ∅ | ∅ | € |
| A  | B  | $(A \cup B)'$  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | €  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | ∅  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∅  | €  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∅  | ∅  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | $(A \cup B)'$  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | €  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | ∅  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∅  | €  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∅  | ∅  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | $(A \cup B)'$  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | €  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | ∅  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∅  | €  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∅  | ∅  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 | ¿Qué expresión equivale al área sombreada del siguiente diagrama de Venn?<br> | $(A \cap B)' \cup (A' \cap B)$   | $(A' \cup A) \cup (B \cap A)$    | $(A \cup B)' \cup (B \cap B)$    |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 | ¿Qué tabla de pertenencia corresponde a la siguiente expresión?  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>A \cup B</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€</td> <td>€</td> <td>€</td> </tr> </tbody> </table>  | A                                | B                                | $A \cup B$    | € | € | € | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>A' \cup B'</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€</td> <td>€</td> <td>∅</td> </tr> </tbody> </table> | A | B | $A' \cup B'$ | € | € | ∅ | <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th><math>A' \cap B'</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>€</td> <td>€</td> <td>∅</td> </tr> </tbody> </table> | A | B  | $A' \cap B'$ | € | €             | ∅ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | $A \cup B$   |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | €  | €  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | $A' \cup B'$   |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | €  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | $A' \cap B'$   |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| €  | €  | ∅  |                                  |                                  |               |   |   |   |   |   |   |              |   |   |   |   |   |  |              |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|    | $(A \cap B)'$  | €   | ∅ | € |  | €  | ∅ | € |  | €  | ∅ | ∅ |  |
|----|--|---|---|---|--|--|---|---|--|--|---|---|--|
|    |  | ∅   | € | € |  | ∅  | € | € |  | ∅  | € | ∅ |  |
|    |  | ∅   | ∅ | ∅ |  | ∅  | ∅ | € |  | ∅  | ∅ | € |  |
| 17 | ¿Qué símbolos se utilizan para denotar a las compuertas: AND, OR, NOT, XOR y XNOR respectivamente?   | $\cdot, +, \bar{\phantom{x}}, \oplus, \otimes$        |   |   |  | $\cdot, +, \bar{\phantom{x}}, \oplus, \odot$ |   |   |  | $\cdot, +, \bar{\phantom{x}}, \oplus, \ominus$                   |   |   |  |
| 18 | Elige el resultado de aplicar las leyes de D'Morgan a la siguiente expresión booleana S<br><br>$S = \overline{(A + B)} + \overline{(AB)}$                      | $S = (\overline{AB})(\overline{A + B})$               |   |   |  | $S = (\overline{A + B})(\overline{AB})$      |   |   |  | $S = (\overline{AB}) + (\overline{A + B})$                       |   |   |  |
| 19 | Apoyándote de la igualdad de 1) y 2), determina el número del minitérmino faltante de 1)<br>1) $F(A, B) = \sum(1, ?)$<br><br>2) $F = \overline{AB} + AB$       | 2   |   |   |  | 4  |   |   |  | 3  |   |   |  |
| 20 | ¿Cuál es la expresión resultante de aplicar el operador lógico de negación a ambos lados de la siguiente expresión booleana F?<br><br>$F = AB + \overline{AB}$ | $\overline{F} = (\overline{A + B})(A + \overline{B})$ |   |   |  | $F = (\overline{A + B})(A + \overline{B})$   |   |   |  | $\overline{F} = (\overline{A + \overline{B}})(A + \overline{B})$ |   |   |  |
| 21 | Elije la expresión booleana en minitérminos de la siguiente tabla de verdad  | $F = \overline{AB} + AB$                              |   |   |  | $F = \overline{AB} + A\overline{B}$          |   |   |  | $F = \overline{AB} + \overline{AB}$                              |   |   |  |

|    | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>        | A   | B   | F   | 0  | 0  | 1  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|--|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A  | B  | F   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 22 | <p>¿Qué tabla de verdad corresponde a la siguiente expresión booleana F que está en Maxitérminos?</p> <p><math>F = (A + B)(\bar{A} + B)(\bar{A} + \bar{B})</math></p>  | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> | A   | B   | F  | 0  | 0  | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> | A  | B  | F  | 0  | 0  | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | <table border="1"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> | A  | B  | F  | 0  | 0  | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| A  | B  | F   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | F   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | F   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 0   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 1   |   |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 23 | <p>Elije el mapa de Karnaugh que corresponda a la siguiente expresión booleana</p> <p><math>(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})(A + \bar{B} + \bar{C})(\bar{A} + B + C)</math></p>   | <table border="1"> <thead> <tr><th>BC</th><th>00</th><th>01</th><th>11</th><th>10</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>A</th><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><th>1</th><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>                | BC  | 00  | 01 | 11 | 10 | A | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | <table border="1"> <thead> <tr><th>BC</th><th>00</th><th>01</th><th>11</th><th>10</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>A</th><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><th>1</th><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>                | BC | 00 | 01 | 11 | 10 | A | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | <table border="1"> <thead> <tr><th>BC</th><th>00</th><th>01</th><th>11</th><th>10</th></tr> </thead> <tbody> <tr><th>A</th><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><th>1</th><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>                | BC | 00 | 01 | 11 | 10 | A | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| BC | 00   | 01  | 11  | 10  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | 1  | 0   | 1   | 0   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 0   | 0   | 0   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| BC | 00   | 01  | 11  | 10  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | 1  | 1   | 0   | 1   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 1   | 0   | 1   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| BC | 00   | 01  | 11  | 10  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | 1  | 0   | 0   | 0   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 0   | 1   | 0   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 24 | <p>¿Qué diagrama de conexión, tabla de verdad y expresión booleana corresponden al siguiente enunciado?</p> <p>Tienes dos sensores de movimiento, el primer sensor es ultrasónico (U), el segundo sensor es infrarrojo (I), se te encarga que diseñes un circuito lógico</p> |    |  |  |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

| <p>que active un módulo relevador (R) para encender un foco con las siguientes condiciones.</p> <p>a) Cuando los dos sensores detecten movimiento</p> <p>b) Cuando el sensor infrarrojo detecta movimiento</p>  | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>U</th><th>I</th><th>R</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>R = \bar{U}I + UI</math></p> | U   | I   | R | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>U</th><th>I</th><th>R</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>R = \bar{I}</math></p> | U | I | R | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>U</th><th>I</th><th>R</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><math>R = (U + I)(\bar{U} + I)</math></p> | U | I | R | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U   | I   | R   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 0   | 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 1   | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 0   | 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 1   | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| U   | I   | R   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 0   | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 1   | 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 0   | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 1   | 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| U   | I   | R   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 0   | 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0   | 1   | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 0   | 0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1   | 1   | 1   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p>25 ¿Cuál es la tabla de verdad que corresponde a la siguiente compuerta?</p>    | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>U</th><th>I</th><th>R</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>F</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table>   | U   | I   | R | V | V | V | V | F | F | F | V | V | F | F | F | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>U</th><th>I</th><th>R</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table>   | U | I | R | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | F | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr><th>U</th><th>I</th><th>R</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table>  | U | I | R | V | V | V | V | F | V | F | V | V | F | F | F |
| U   | I   | R   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | V   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | F   | F   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | V   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | F   | F   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| U   | I   | R   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | V   | F   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | F   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | V   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | F   | F   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| U   | I   | R   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | V   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V   | F   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | V   | V   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F   | F   | F   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p>26 El siguiente diagrama de Venn y expresión con operaciones de conjuntos son iguales, a partir de esto, elige el diagrama de conexión que corresponde a ambos</p>  <p style="text-align: center;"><math>(A \cap B') \cup (A' \cap B)</math></p> |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p>27 Considerando el área sombreada de los diagramas de Venn ¿Cuál de ellos corresponde con la siguiente expresión booleana F?</p> <p style="text-align: center;"><math>F = (A + B)(A + \bar{B})(\bar{A} + B)</math></p>   |   |  |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

| 28 | <p>Selecciona la expresión booleana F que corresponda a la siguiente tabla de pertenencia (izquierda) considerando la igualdad que tiene con la tabla de verdad (derecha).</p> <table border="1" data-bbox="279 423 464 625"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>∈</td><td>∈</td><td>∉</td></tr> <tr><td>∈</td><td>∉</td><td>∈</td></tr> <tr><td>∉</td><td>∈</td><td>∈</td></tr> <tr><td>∉</td><td>∉</td><td>∉</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="533 423 718 625"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>F</td></tr> </tbody> </table> | A  | B | F                  | ∈ | ∈ | ∉ | ∈ | ∉ | ∈ | ∉ | ∈ | ∈ | ∉ | ∉ | ∉ | A   | B   | F  | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | F | $F = (\bar{A} + \bar{B})(A + B)$ | $F = \bar{A}\bar{B} + AB$ | $F = \bar{A}\bar{B}A + \bar{A}\bar{B}B$   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|--|--|---|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A  | B  | F  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∈  | ∈  | ∉  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∈  | ∉  | ∈  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∉  | ∈  | ∈  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ∉  | ∉  | ∉  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | F  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V  | F  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F  | V  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V  | V  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F  | F  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 29 | <p>A partir de la siguiente tabla de verdad, elija la expresión booleana y el diagrama de conexión correspondientes.</p> <table border="1" data-bbox="373 781 653 984"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th><math>\sim(A \wedge B)</math></th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>V</td><td>V</td><td>F</td></tr> <tr><td>V</td><td>F</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>V</td><td>V</td></tr> <tr><td>F</td><td>F</td><td>V</td></tr> </tbody> </table>   | A  | B | $\sim(A \wedge B)$ | V | V | F | V | F | V | F | V | V | F | F | V | <p><math>\bar{A}\bar{B} + \bar{A}B + A\bar{B}</math></p>  | <p><math>\bar{A} + \bar{B}</math></p>    | <p><math>\bar{A} + A\bar{B}</math></p>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| A  | B  | $\sim(A \wedge B)$   |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | V  | F  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| V  | F  | V  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | V  | V  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| F  | F  | V  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 30 | <p>Selecciona la tabla de verdad correspondiente a las siguientes expresiones equivalentes, considerando que la 1) está en maxitérminos</p> <p>1) <math>r = \prod(0, 1)</math><br/> 2) <math>r \equiv (p \wedge \sim q) \vee (p \wedge q)</math></p>   | <table border="1" data-bbox="848 1032 1043 1232"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> | p | q                  | r | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1   | <table border="1" data-bbox="1232 1032 1428 1232"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> | p  | q | r | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1                                | 0                         | <table border="1" data-bbox="1608 1032 1803 1232"> <thead> <tr><th>p</th><th>q</th><th>r</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> | p | q | r | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| p  | q  | r  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 0  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 0  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q  | r  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 0  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 0  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| p  | q  | r  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 0  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 1  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 0  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1  | 1  | 1  |   |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                  |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|                  |   |   |  |   |
|------------------|---|---|--|---|
| <p><b>31</b></p> | <p>Elije la proposición compuesta que representa al siguiente diagrama de conexión, considerando que <math>A = p</math>, <math>B = q</math> y <math>S = r</math></p>                 | $r \equiv (\sim p \wedge \sim q) \vee (\sim(\sim p))$   | $r \equiv \sim((\sim p \wedge \sim q) \vee (\sim p))$  | $r \equiv \sim((p \vee q) \wedge (p))$  |
| <p><b>32</b></p> | <p>¿Qué expresión booleana, diagrama de conexión y leyes aplicadas corresponden a la siguiente proposición compuesta, considerando que <math>p = A</math>, <math>q = B</math> y <math>r = S</math>?</p> $\sim(p \vee q) \wedge (\sim(\sim q \wedge \sim p)) \equiv r$ |  $S = \bar{A}BB + \bar{A}\bar{B}$ <p>De Morgan<br/>Distributiva</p> |  $S = (\bar{B} + \bar{A})(\bar{A}\bar{B})$ <p>De Morgan<br/>Conmutativa</p> |  $S = (\bar{A}\bar{B}B + \bar{A}\bar{B}A)$ <p>De Morgan<br/>Distributiva</p> |