

# Conceptos matemáticos preliminares

Matemáticas Computacionales  
(TC2020)

---

M.C. Xavier Sánchez Díaz  
sax@itesm.mx



# Tabla de contenidos

1 Conjuntos

2 Relaciones y Funciones

3 Lógica

# Definición de conjunto

## Conjuntos

### Definición 1

Un **conjunto** es una colección de elementos. Usamos letras mayúsculas  $A, B, C, \dots$  para representarlos, y letras minúsculas  $a, b, c, \dots$  para representar sus elementos.

$$A = \{a, b, c, d\}$$

# Describiendo un conjunto

## Conjuntos

Podemos definirlos por *enumeración* o por *descripción*.

$A$  es el conjunto de todos los números naturales menores que 6.

### Enumerando sus elementos

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5\} = \{2, 3, 1, 5, 4\}$$

### Describiendo sus elementos

$$A = \{a \in \mathbb{N} : a < 6\}$$

# Describiendo un conjunto

## Conjuntos

Podemos definirlos por *enumeración* o por *descripción*.

$A$  es el conjunto de todos los números naturales menores que 6.

### Enumerando sus elementos

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5\} = \{2, 3, 1, 5, 4\}$$

### Describiendo sus elementos

$$A = \{a \in \mathbb{N} : a < 6\}$$

# Describiendo un conjunto

## Conjuntos

Podemos definirlos por *enumeración* o por *descripción*.

$A$  es el conjunto de todos los números naturales menores que 6.

### Enumerando sus elementos

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5\} = \{2, 3, 1, 5, 4\}$$

### Describiendo sus elementos

$$A = \{a \in \mathbb{N} : a < 6\}$$

# Describiendo un conjunto

## Conjuntos

Podemos definirlos por *enumeración* o por *descripción*.

$A$  es el conjunto de todos los números naturales menores que 6.

### Enumerando sus elementos

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5\} = \{2, 3, 1, 5, 4\}$$

### Describiendo sus elementos

$$A = \{a \in \mathbb{N} : a < 6\}$$

# Notación de conjuntos

## Conjuntos

- **Pertenencia:**  $a \in A$ , cuando  $a$  es un elemento de  $A$ .
- **Cardinalidad:**  $|A|$  representa el número de elementos en  $A$ .
- **Inclusión:**  $A \subseteq B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$ .
- **Igualdad:** si  $A \subseteq B$  y  $B \subseteq A$ , entonces  $A = B$ .
- **Inclusión propia:**  $A \subset B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$  y  $A \neq B$ .
- **Conjunto vacío:**  $\emptyset$  o  $\{\}$  para representar un conjunto sin elementos.



# Notación de conjuntos

## Conjuntos

- **Pertenencia:**  $a \in A$ , cuando  $a$  es un elemento de  $A$ .
- **Cardinalidad:**  $|A|$  representa el número de elementos en  $A$ .
- **Inclusión:**  $A \subseteq B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$ .
- **Igualdad:** si  $A \subseteq B$  y  $B \subseteq A$ , entonces  $A = B$ .
- **Inclusión propia:**  $A \subset B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$  y  $A \neq B$ .
- **Conjunto vacío:**  $\emptyset$  o  $\{\}$  para representar un conjunto sin elementos.

# Notación de conjuntos

## Conjuntos

- **Pertenencia:**  $a \in A$ , cuando  $a$  es un elemento de  $A$ .
- **Cardinalidad:**  $|A|$  representa el número de elementos en  $A$ .
- **Inclusión:**  $A \subseteq B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$ .
- **Igualdad:** si  $A \subseteq B$  y  $B \subseteq A$ , entonces  $A = B$ .
- **Inclusión propia:**  $A \subset B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$  y  $A \neq B$ .
- **Conjunto vacío:**  $\emptyset$  o  $\{\}$  para representar un conjunto sin elementos.

# Notación de conjuntos

## Conjuntos

- **Pertenencia:**  $a \in A$ , cuando  $a$  es un elemento de  $A$ .
- **Cardinalidad:**  $|A|$  representa el número de elementos en  $A$ .
- **Inclusión:**  $A \subseteq B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$ .
- **Igualdad:** si  $A \subseteq B$  y  $B \subseteq A$ , entonces  $A = B$ .
- **Inclusión propia:**  $A \subset B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$  y  $A \neq B$ .
- **Conjunto vacío:**  $\emptyset$  o  $\{\}$  para representar un conjunto sin elementos.

# Notación de conjuntos

## Conjuntos

- **Pertenencia:**  $a \in A$ , cuando  $a$  es un elemento de  $A$ .
- **Cardinalidad:**  $|A|$  representa el número de elementos en  $A$ .
- **Inclusión:**  $A \subseteq B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$ .
- **Igualdad:** si  $A \subseteq B$  y  $B \subseteq A$ , entonces  $A = B$ .
- **Inclusión propia:**  $A \subset B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$  y  $A \neq B$ .
- **Conjunto vacío:**  $\emptyset$  o  $\{\}$  para representar un conjunto sin elementos.

# Notación de conjuntos

## Conjuntos

- **Pertenencia:**  $a \in A$ , cuando  $a$  es un elemento de  $A$ .
- **Cardinalidad:**  $|A|$  representa el número de elementos en  $A$ .
- **Inclusión:**  $A \subseteq B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$ .
- **Igualdad:** si  $A \subseteq B$  y  $B \subseteq A$ , entonces  $A = B$ .
- **Inclusión propia:**  $A \subset B$  si todos los elementos de  $A$  son elementos de  $B$  y  $A \neq B$ .
- **Conjunto vacío:**  $\emptyset$  o  $\{\}$  para representar un conjunto sin elementos.

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$\textcircled{1} \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$\textcircled{2} \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$\textcircled{3} \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$\textcircled{4} \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$\textcircled{5} \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$\textcircled{6} \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$\textcircled{7} \quad b \in \{b\}$$

$$\textcircled{8} \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$\textcircled{9} \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$\textcircled{10} \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

1  $\{a\} \subseteq \{\{a\}\}$

2  $\{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$

3  $a \subseteq \{a, b, c\}$

4  $\{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$

5  $a \in \{a, b, c\}$

6  $\{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$

7  $b \in \{b\}$

8  $\{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$

9  $\{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$

10  $\{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$



# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$\textcircled{1} \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$\textcircled{2} \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$\textcircled{3} \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$\textcircled{4} \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$\textcircled{5} \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$\textcircled{6} \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$\textcircled{7} \quad b \in \{b\}$$

$$\textcircled{8} \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$\textcircled{9} \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$\textcircled{10} \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$1 \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$2 \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$3 \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$4 \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$5 \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$6 \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$7 \quad b \in \{b\}$$

$$8 \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$9 \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$10 \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

# Pertenencia e inclusión

## Conjuntos

$$\textcircled{1} \quad \{a\} \subseteq \{\{a\}\}$$

$$\textcircled{2} \quad \{a\} \subseteq \{b, c, \{a\}\}$$

$$\textcircled{3} \quad a \subseteq \{a, b, c\}$$

$$\textcircled{4} \quad \{a\} \in \{b, c, \{a\}\}$$

$$\textcircled{5} \quad a \in \{a, b, c\}$$

$$\textcircled{6} \quad \{b\} \in \{a, c, \{b\}\}$$

$$\textcircled{7} \quad b \in \{b\}$$

$$\textcircled{8} \quad \{b\} \subseteq \{\{b, c\}\}$$

$$\textcircled{9} \quad \{b\} \subseteq \{\{a\}, c, \{b\}\}$$

$$\textcircled{10} \quad \{c\} \subset \{\{a\}, c, \{b\}\}$$



# Conjunto vacío

## Conjuntos

1  $\emptyset \subset \{\emptyset\}$

2  $\emptyset \in \{\emptyset\}$

3  $0 = \emptyset$

4  $\emptyset \subseteq \emptyset$

5  $\emptyset \subset \emptyset$

# Conjunto vacío

## Conjuntos

1  $\emptyset \subset \{\emptyset\}$

2  $\emptyset \in \{\emptyset\}$

3  $0 = \emptyset$

4  $\emptyset \subseteq \emptyset$

5  $\emptyset \subset \emptyset$

# Conjunto vacío

## Conjuntos

1  $\emptyset \subset \{\emptyset\}$

2  $\emptyset \in \{\emptyset\}$

3  $0 = \emptyset$

4  $\emptyset \subseteq \emptyset$

5  $\emptyset \subset \emptyset$

# Conjunto vacío

## Conjuntos

1  $\emptyset \subset \{\emptyset\}$

2  $\emptyset \in \{\emptyset\}$

3  $0 = \emptyset$

4  $\emptyset \subseteq \emptyset$

5  $\emptyset \subset \emptyset$

# Conjunto vacío

## Conjuntos

1  $\emptyset \subset \{\emptyset\}$

2  $\emptyset \in \{\emptyset\}$

3  $0 = \emptyset$

4  $\emptyset \subseteq \emptyset$

5  $\emptyset \subset \emptyset$

# Conjunto vacío

## Conjuntos

①  $\emptyset \subset \{\emptyset\}$

②  $\emptyset \in \{\emptyset\}$

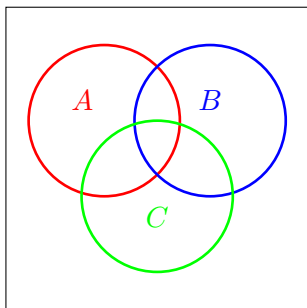
③  $0 = \emptyset$

④  $\emptyset \subseteq \emptyset$

⑤  $\emptyset \subset \emptyset$

# Operaciones de conjuntos

## Conjuntos



1  $B \cup C$

2  $C \cup (A \cap B)$

3  $C - (A \cap B)$

4  $A - (B \cup C)$

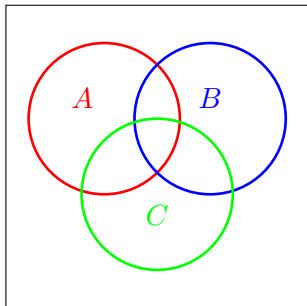
5  $A^c$

6  $B - (A \cup C)$

7  $(B - A)^c$

# Operaciones de conjuntos

## Conjuntos



1  $B \cup C$

2  $C \cup (A \cap B)$

3  $C - (A \cap B)$

4  $A - (B \cup C)$

5  $A^c$

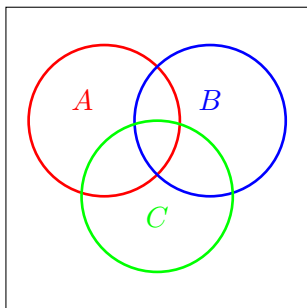
6  $B - (A \cup C)$

7  $(B - A)^c$



# Operaciones de conjuntos

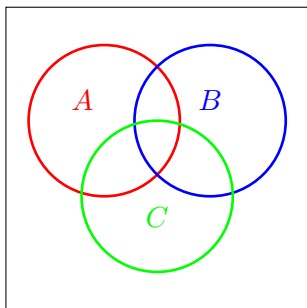
## Conjuntos



- 1  $B \cup C$
- 2  $C \cup (A \cap B)$
- 3  $C - (A \cap B)$
- 4  $A - (B \cup C)$
- 5  $A^c$
- 6  $B - (A \cup C)$
- 7  $(B - A)^c$

# Operaciones de conjuntos

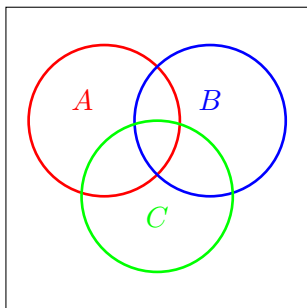
## Conjuntos



- 1  $B \cup C$
- 2  $C \cup (A \cap B)$
- 3  $C - (A \cap B)$
- 4  $A - (B \cup C)$
- 5  $A^c$
- 6  $B - (A \cup C)$
- 7  $(B - A)^c$

# Operaciones de conjuntos

## Conjuntos



1  $B \cup C$

2  $C \cup (A \cap B)$

3  $C - (A \cap B)$

4  $A - (B \cup C)$

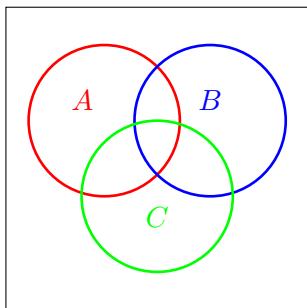
5  $A^c$

6  $B - (A \cup C)$

7  $(B - A)^c$

# Operaciones de conjuntos

## Conjuntos



1  $B \cup C$

2  $C \cup (A \cap B)$

3  $C - (A \cap B)$

4  $A - (B \cup C)$

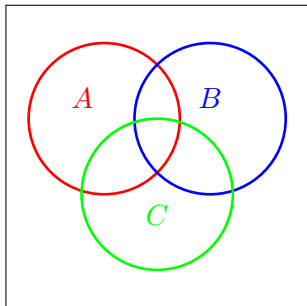
5  $A^c$

6  $B - (A \cup C)$

7  $(B - A)^c$

# Operaciones de conjuntos

## Conjuntos



1  $B \cup C$

2  $C \cup (A \cap B)$

3  $C - (A \cap B)$

4  $A - (B \cup C)$

5  $A^c$

6  $B - (A \cup C)$

7  $(B - A)^c$

# Producto Cartesiano

## Conjuntos

### Definición 2

El **producto Cartesiano** entre  $A$  y  $B$  se define como:

$$A \times B = \{(x, y) : x \in A, y \in B\}$$

### Ejemplo

$$A = \{1, 2, 3\} \quad B = \{1, 2\}$$

$$A \times B = \{(1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2)\}$$

$$|A \times B| = |A| \times |B|$$

# Producto Cartesiano

## Conjuntos

### Definición 2

El **producto Cartesiano** entre  $A$  y  $B$  se define como:

$$A \times B = \{(x, y) : x \in A, y \in B\}$$

### Ejemplo

$$A = \{1, 2, 3\} \quad B = \{1, 2\}$$

$$A \times B = \{(1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2)\}$$

$$|A \times B| = |A| \times |B|$$

# Producto Cartesiano

## Conjuntos

### Definición 2

El **producto Cartesiano** entre  $A$  y  $B$  se define como:

$$A \times B = \{(x, y) : x \in A, y \in B\}$$

### Ejemplo

$$A = \{1, 2, 3\} \quad B = \{1, 2\}$$

$$A \times B = \{(1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2)\}$$

$$|A \times B| = |A| \times |B|$$



# Producto Cartesiano

## Conjuntos

### Definición 2

El **producto Cartesiano** entre  $A$  y  $B$  se define como:

$$A \times B = \{(x, y) : x \in A, y \in B\}$$

### Ejemplo

$$A = \{1, 2, 3\} \quad B = \{1, 2\}$$

$$A \times B = \{(1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2)\}$$

$$|A \times B| = |A| \times |B|$$

# Conjunto potencia

## Conjuntos

### Definición 3

Sea  $A$  cualquier conjunto. El **conjunto potencia** de  $A$ —denotado por  $\mathcal{P}(A)$  o  $\wp(A)$ —consiste en el conjunto de todos (y únicamente) los subconjuntos de  $A$ .

$$\mathcal{P}(\{a, b, c\}) = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}\}$$

$$|\mathcal{P}(A)| = 2^{|A|}$$

# Conjunto potencia

## Conjuntos

### Definición 3

Sea  $A$  cualquier conjunto. El **conjunto potencia** de  $A$ —denotado por  $\mathcal{P}(A)$  o  $\wp(A)$ —consiste en el conjunto de todos (y únicamente) los subconjuntos de  $A$ .

$$\mathcal{P}(\{a, b, c\}) = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}\}$$

$$|\mathcal{P}(A)| = 2^{|A|}$$

# Conjunto potencia

## Conjuntos

### Definición 3

Sea  $A$  cualquier conjunto. El **conjunto potencia** de  $A$ —denotado por  $\mathcal{P}(A)$  o  $\wp(A)$ —consiste en el conjunto de todos (y únicamente) los subconjuntos de  $A$ .

$$\mathcal{P}(\{a, b, c\}) = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\}\}$$

$$|\mathcal{P}(A)| = 2^{|A|}$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **conmutativas**.

$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B = B \cap A$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **conmutativas**.

$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B = B \cap A$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **conmutativas**.

$$A \cup B = B \cup A$$

$$A \cap B = B \cap A$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **asociativas**.

$$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$$

$$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$$



# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **asociativas**.

$$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$$

$$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **asociativas**.

$$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$$

$$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **distributivas** entre ellas.

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **distributivas** entre ellas.

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$$

# Equivalencias

## Conjuntos

La **unión** y la **intersección** son **distributivas** entre ellas.

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$$

# Equivalencias

## Conjuntos

Leyes de De Morgan:

$$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$$

$$(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$$

# Equivalencias

## Conjuntos

Leyes de De Morgan:

$$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$$

$$(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$$

# Equivalencias

## Conjuntos

Leyes de De Morgan:

$$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$$

$$(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$$



# Relaciones

## Relaciones y Funciones

### Definición 4

Sean  $A$  y  $B$  dos conjuntos cualesquiera. Una **relación binaria**  $R$  de  $A$  a  $B$  se define como cualquier subconjunto del producto Cartesiano  $A \times B$ . Es decir, cualquier conjunto de pares ordenados de la forma  $(a, b)$  tal que  $a \in A$  y  $b \in B$ . También se dice que una relación  $R$  puede ser *sobre*  $A \times B$ .

### Ejemplo

*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una **relación** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(1, 1), (1, 2), (1, 3), \dots, (2, 2), (2, 3), \dots, (3, 4), \dots\}$$

# Relaciones

## Relaciones y Funciones

### Definición 4

Sean  $A$  y  $B$  dos conjuntos cualesquiera. Una **relación binaria**  $R$  de  $A$  a  $B$  se define como cualquier subconjunto del producto Cartesiano  $A \times B$ . Es decir, cualquier conjunto de pares ordenados de la forma  $(a, b)$  tal que  $a \in A$  y  $b \in B$ . También se dice que una relación  $R$  puede ser *sobre*  $A \times B$ .

### Ejemplo

*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una **relación** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(1, 1), (1, 2), (1, 3), \dots, (2, 2), (2, 3), \dots, (3, 4), \dots\}$$

# Reflexividad

## Relaciones y funciones

### Definición 5

Sea  $R$  una relación binaria. Se dice que es **reflexiva** sobre un conjunto  $A$  si y solo si  $(a, a) \in R$  para todo  $a \in A$ .

### Ejemplo

*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una relación **reflexiva** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(1, 1), (1, 2), (1, 3), \dots, (2, 2), (2, 3), \dots, (3, 4), \dots\}$$

¿Es la relación *menor que* ( $<$ ) reflexiva sobre los naturales?

# Reflexividad

## Relaciones y funciones

### Definición 5

Sea  $R$  una relación binaria. Se dice que es **reflexiva** sobre un conjunto  $A$  si y solo si  $(a, a) \in R$  para todo  $a \in A$ .

### Ejemplo

*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una relación **reflexiva** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(\mathbf{1}, \mathbf{1}), (1, 2), (1, 3), \dots, (\mathbf{2}, \mathbf{2}), (2, 3), \dots, (3, 4), \dots\}$$

¿Es la relación *menor que* ( $<$ ) reflexiva sobre los naturales?

# Reflexividad

## Relaciones y funciones

### Definición 5

Sea  $R$  una relación binaria. Se dice que es **reflexiva** sobre un conjunto  $A$  si y solo si  $(a, a) \in R$  para todo  $a \in A$ .

### Ejemplo

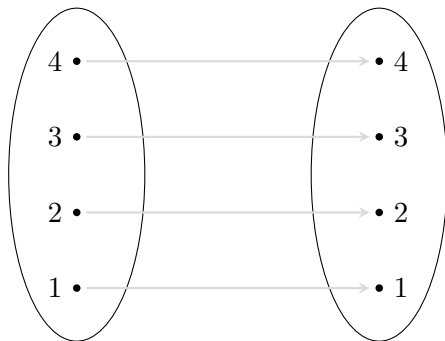
*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una relación **reflexiva** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(\mathbf{1}, \mathbf{1}), (1, 2), (1, 3), \dots, (\mathbf{2}, \mathbf{2}), (2, 3), \dots, (3, 4), \dots\}$$

¿Es la relación *menor que* ( $<$ ) reflexiva sobre los naturales?

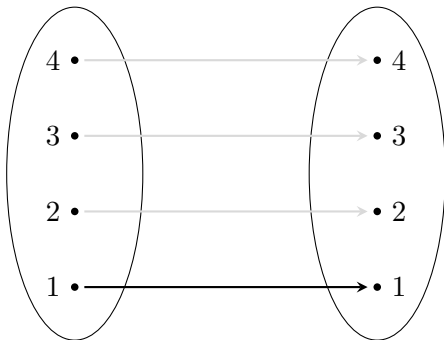
# Reflexividad

## Relaciones y funciones



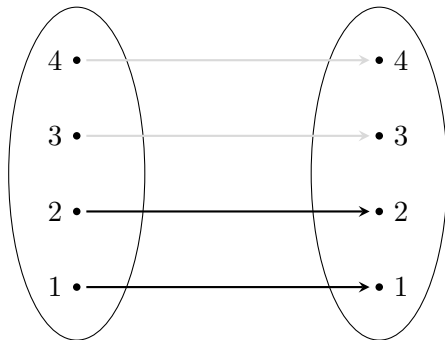
# Reflexividad

## Relaciones y funciones



# Reflexividad

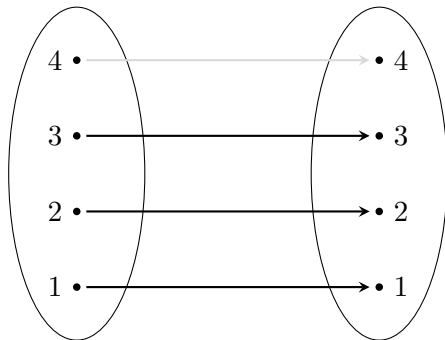
## Relaciones y funciones





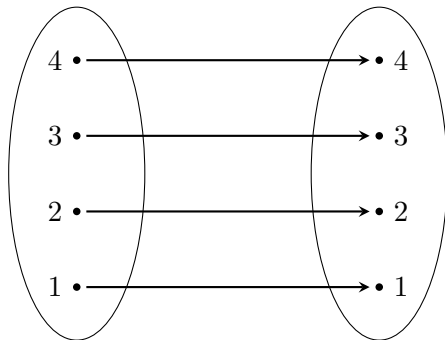
# Reflexividad

## Relaciones y funciones



# Reflexividad

## Relaciones y funciones



# Transitividad

## Relaciones y funciones

### Definición 6

Decimos que  $R$  es **transitiva** si y sólo si cuando  $(a, b) \in R$  y  $(b, c) \in R$ , entonces  $(a, c) \in R$ .

### Ejemplo

*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una relación **transitiva** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(1, 1), (1, 2), (1, 3), \dots, (2, 2), (2, 3), \dots, (3, 4), \dots\}$$

¿Es la relación *menor que* ( $<$ ) transitiva sobre los naturales?

# Transitividad

## Relaciones y funciones

### Definición 6

Decimos que  $R$  es **transitiva** si y sólo si cuando  $(a, b) \in R$  y  $(b, c) \in R$ , entonces  $(a, c) \in R$ .

### Ejemplo

*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una relación **transitiva** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(1, 1), (\mathbf{1}, \mathbf{2}), (\mathbf{1}, \mathbf{3}), \dots, (2, 2), (\mathbf{2}, \mathbf{3}), \dots, (3, 4), \dots\}$$

¿Es la relación *menor que* ( $<$ ) transitiva sobre los naturales?

# Transitividad

## Relaciones y funciones

### Definición 6

Decimos que  $R$  es **transitiva** si y sólo si cuando  $(a, b) \in R$  y  $(b, c) \in R$ , entonces  $(a, c) \in R$ .

### Ejemplo

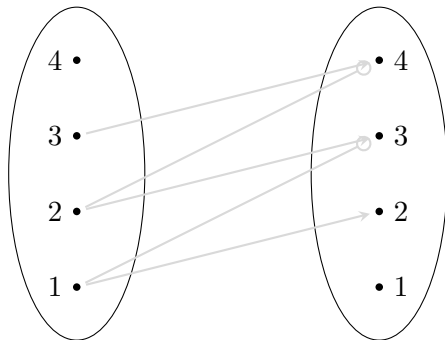
*Menor o igual* ( $\leq$ ) es una relación **transitiva** sobre  $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ :

$$\leq = \{(1, 1), (\mathbf{1}, \mathbf{2}), (\mathbf{1}, \mathbf{3}), \dots, (2, 2), (\mathbf{2}, \mathbf{3}), \dots, (3, 4), \dots\}$$

¿Es la relación *menor que* ( $<$ ) transitiva sobre los naturales?

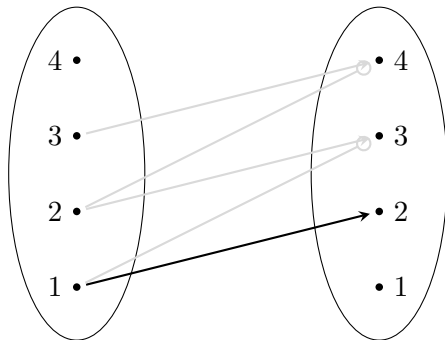
# Transitividad

## Relaciones y funciones



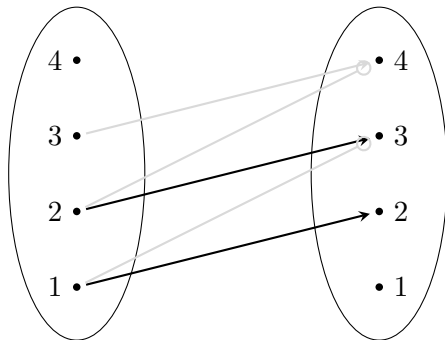
# Transitividad

## Relaciones y funciones



# Transitividad

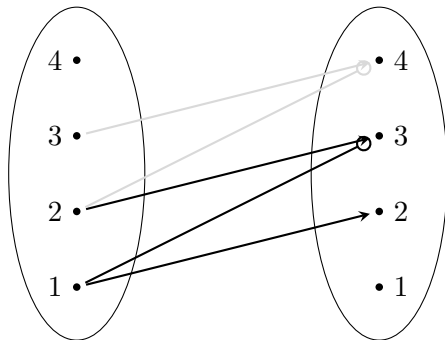
## Relaciones y funciones





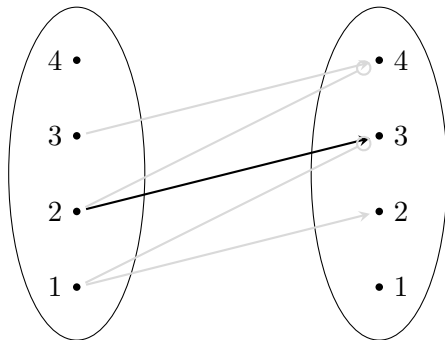
# Transitividad

## Relaciones y funciones



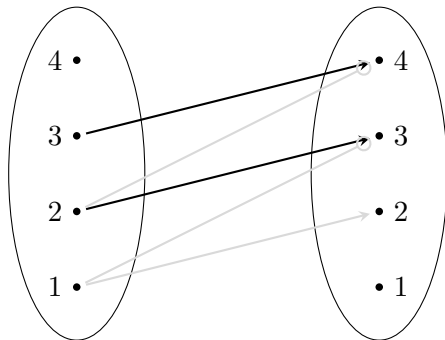
# Transitividad

## Relaciones y funciones



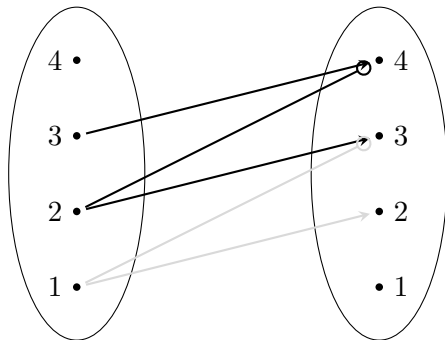
# Transitividad

## Relaciones y funciones



# Transitividad

## Relaciones y funciones



# Simetría

## Relaciones y funciones

### Definición 7

Una relación  $R$  es **simétrica** si y sólo si cuando  $(a, b) \in R$ , entonces  $(b, a) \in R$ .

### Ejemplo 1

La relación de *igualdad* ( $=$ ) es una relación **simétrica**: si  $a = b$ , entonces  $b = a$ .

### Ejemplo 2

La relación de *hermandad* es **simétrica**: si *Juan* es hermano de *Pedro*, entonces *Pedro* es hermano de *Juan*.

# Simetría

## Relaciones y funciones

### Definición 7

Una relación  $R$  es **simétrica** si y sólo si cuando  $(a, b) \in R$ , entonces  $(b, a) \in R$ .

### Ejemplo 1

La relación de *igualdad* ( $=$ ) es una relación **simétrica**: si  $a = b$ , entonces  $b = a$ .

### Ejemplo 2

La relación de *hermandad* es **simétrica**: si *Juan* es hermano de *Pedro*, entonces *Pedro* es hermano de *Juan*.

# Simetría

## Relaciones y funciones

### Definición 7

Una relación  $R$  es **simétrica** si y sólo si cuando  $(a, b) \in R$ , entonces  $(b, a) \in R$ .

### Ejemplo 1

La relación de *igualdad* ( $=$ ) es una relación **simétrica**: si  $a = b$ , entonces  $b = a$ .

### Ejemplo 2

La relación de *hermandad* es **simétrica**: si *Juan* es hermano de *Pedro*, entonces *Pedro* es hermano de *Juan*.

# Mapeo o Función

## Relaciones y Funciones

¿Cualquier relación es una función?

¿Cualquier función es una relación?



# Mapeo o Función

## Relaciones y Funciones

¿Cualquier relación es una función?

¿Cualquier función es una relación?

# Mapeo o Función

## Relaciones y Funciones

### Definición 8

Una **función unitaria** de un conjunto  $A$  en un conjunto  $B$  es cualquier relación binaria  $R$  de  $A$  a  $B$  que satisfaga la condición de que *para todo*  $a \in A$  existe *exactamente un*  $b \in B$  tal que  $(a, b) \in R$ .

Podemos describir una función  $f$  de  $A$  en  $B$  como  $f : A \rightarrow B$ .

### Ejemplo

La relación *sucesor* es una **función** de los naturales en los naturales  
 $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$

$$\text{suc}(n) = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), \dots\}$$

# Mapeo o Función

## Relaciones y Funciones

### Definición 8

Una **función unitaria** de un conjunto  $A$  en un conjunto  $B$  es cualquier relación binaria  $R$  de  $A$  a  $B$  que satisfaga la condición de que *para todo*  $a \in A$  existe *exactamente un*  $b \in B$  tal que  $(a, b) \in R$ .

Podemos describir una función  $f$  de  $A$  en  $B$  como  $f : A \rightarrow B$ .

### Ejemplo

La relación *sucesor* es una **función** de los naturales en los naturales  
 $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$

$$\text{suc}(n) = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), \dots\}$$

# Mapeo o Función

## Relaciones y Funciones

### Definición 8

Una **función** *unitaria* de un conjunto  $A$  en un conjunto  $B$  es cualquier relación binaria  $R$  de  $A$  a  $B$  que satisfaga la condición de que *para todo*  $a \in A$  existe *exactamente un*  $b \in B$  tal que  $(a, b) \in R$ .

Podemos describir una función  $f$  de  $A$  en  $B$  como  $f : A \rightarrow B$ .

### Ejemplo

La relación *sucesor* es una **función** de los naturales en los naturales  
 $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$

$$\text{suc}(n) = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5), \dots\}$$

# Dominio

## Funciones y Relaciones

### Definición 9

El **dominio** de una función  $f$  puede definirse como

$$\text{dom}(f) = \{a \in A : \exists b \in B, f(a) = b\}$$

En una función de forma  $f : A \rightarrow B$ , el **dominio** es simplemente  $A$ .

# Dominio

## Funciones y Relaciones

### Definición 9

El **dominio** de una función  $f$  puede definirse como

$$\text{dom}(f) = \{a \in A : \exists b \in B, f(a) = b\}$$

En una función de forma  $f : A \rightarrow B$ , el **dominio** es simplemente  $A$ .

# Codominio o Rango

## Funciones y Relaciones

### Definición 10

El **codominio** (también conocido como **rango**) de una función  $f$  puede definirse como

$$\text{codom}(f) = \{b \in B : \exists a \in A, f(a) = b\}$$

En una función de forma  $f : A \rightarrow B$ , el **codominio** es simplemente  $B$ .

# Codominio o Rango

## Funciones y Relaciones

### Definición 10

El **codominio** (también conocido como **rango**) de una función  $f$  puede definirse como

$$\text{codom}(f) = \{b \in B : \exists a \in A, f(a) = b\}$$

En una función de forma  $f : A \rightarrow B$ , el **codominio** es simplemente  $B$ .



# Funciones totales y parciales

## Relaciones y Funciones

### Definición 11

Una **función parcial** de un conjunto  $A$  a un conjunto  $B$  es una relación binaria  $R$  de  $A$  a  $B$  tal que para toda  $a \in A$ , hay *a lo mucho* un  $b \in B$  con  $(a, b) \in R$ .

Es decir que puede haber elementos en  $A$  que no tengan la relación  $R$  a ningún elemento de  $B$ ; o en otras palabras, que no se *usen*.

A las funciones donde se utilizan **todos** los elementos de  $A$  les llamamos **funciones totales**, y son usualmente a las que nos referimos al simplemente decir “funciones”.

# Funciones totales y parciales

## Relaciones y Funciones

### Definición 11

Una **función parcial** de un conjunto  $A$  a un conjunto  $B$  es una relación binaria  $R$  de  $A$  a  $B$  tal que para toda  $a \in A$ , hay *a lo mucho* un  $b \in B$  con  $(a, b) \in R$ .

Es decir que puede haber elementos en  $A$  que no tengan la relación  $R$  a ningún elemento de  $B$ ; o en otras palabras, que no se *usen*.

A las funciones donde se utilizan **todos** los elementos de  $A$  les llamamos **funciones totales**, y son usualmente a las que nos referimos al simplemente decir “funciones”.

# Funciones totales y parciales

## Relaciones y Funciones

### Definición 11

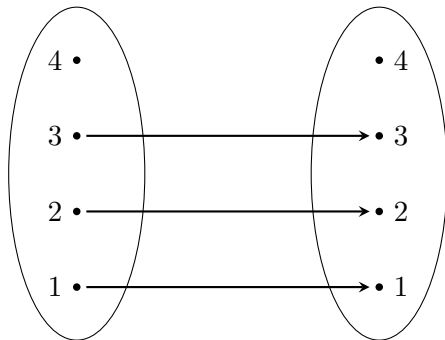
Una **función parcial** de un conjunto  $A$  a un conjunto  $B$  es una relación binaria  $R$  de  $A$  a  $B$  tal que para toda  $a \in A$ , hay *a lo mucho* un  $b \in B$  con  $(a, b) \in R$ .

Es decir que puede haber elementos en  $A$  que no tengan la relación  $R$  a ningún elemento de  $B$ ; o en otras palabras, que no se *usen*.

A las funciones donde se utilizan **todos** los elementos de  $A$  les llamamos **funciones totales**, y son usualmente a las que nos referimos al simplemente decir “funciones”.

# Funciones Parciales

## Relaciones y funciones



# Imagen

## Relaciones y Funciones

### Definición 12

Sean  $f : A \rightarrow B$  y  $X \subseteq A$ . La **imagen** bajo  $f$  de  $X \subseteq A$  es el conjunto  $\{b \in B : \exists a \in X, b = f(a)\}$ , o bien  $\{f(a) : a \in X\}$ .

En otras palabras, la **imagen** de una función es el conjunto de todos los *valores* de  $B$  que *utiliza*. Puede haber elementos de  $B$  fuera de la función.

Todo  $B$  es el **codominio** de la función, y sólo aquellos  $b \in B$  que son usados representan la **imagen** de la función.

# Imagen

## Relaciones y Funciones

### Definición 12

Sean  $f : A \rightarrow B$  y  $X \subseteq A$ . La **imagen** bajo  $f$  de  $X \subseteq A$  es el conjunto  $\{b \in B : \exists a \in X, b = f(a)\}$ , o bien  $\{f(a) : a \in X\}$ .

En otras palabras, la **imagen** de una función es el conjunto de todos los *valores* de  $B$  que *utiliza*. Puede haber elementos de  $B$  fuera de la función.

Todo  $B$  es el **codominio** de la función, y sólo aquellos  $b \in B$  que son usados representan la **imagen** de la función.

# Funciones inyectivas

## Relaciones y Funciones

### Definición 13

Sea  $f : A \rightarrow B$ . Se dice que  $f$  es **inyectiva** (o **uno a uno**) si y sólo si cuando  $a \neq a'$ , entonces  $f(a) \neq f(a')$ .

En otras palabras, si y sólo si para cada  $b \in B$ , hay a lo mucho un  $a \in A$  con  $f(a) = b$ . Es decir, sólo si distintos *inputs* generan *outputs* diferentes.

# Funciones inyectivas

## Relaciones y Funciones

### Definición 13

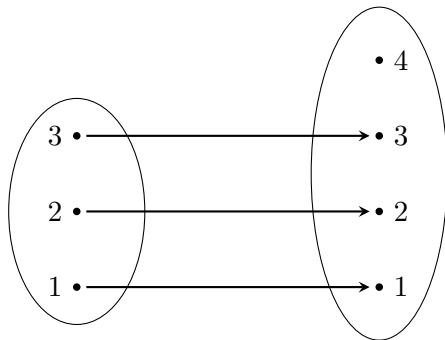
Sea  $f : A \rightarrow B$ . Se dice que  $f$  es **inyectiva** (o **uno a uno**) si y sólo si cuando  $a \neq a'$ , entonces  $f(a) \neq f(a')$ .

En otras palabras, si y sólo si para cada  $b \in B$ , hay a lo mucho un  $a \in A$  con  $f(a) = b$ . Es decir, sólo si distintos *inputs* generan *outputs* diferentes.



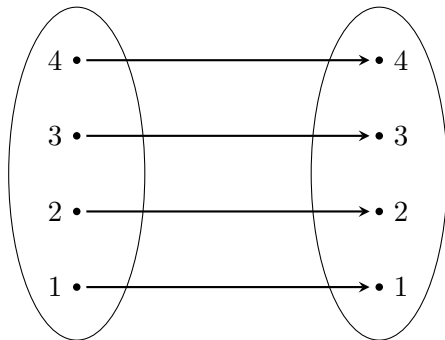
# Funciones inyectivas

## Relaciones y Funciones



# Funciones inyectivas

## Relaciones y Funciones



# Funciones sobreyectivas

## Relaciones y Funciones

### Definición 14

Sea  $f : A \rightarrow B$ . Decimos que  $f$  es una función **sobre**  $B$  (o **sobreyectiva** con respecto a  $B$ ) si y sólo si para todo  $b \in B$  hay algún  $a \in A$  con  $f(a) = b$ .

Una manera mucho más sencilla de verlo: si y sólo si  $\text{imagen}(f) = B$ .

# Funciones sobreyectivas

## Relaciones y Funciones

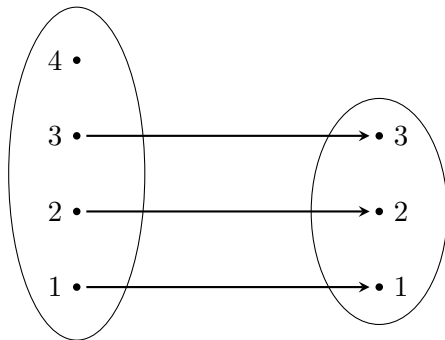
### Definición 14

Sea  $f : A \rightarrow B$ . Decimos que  $f$  es una función **sobre**  $B$  (o **sobreyectiva** con respecto a  $B$ ) si y sólo si para todo  $b \in B$  hay algún  $a \in A$  con  $f(a) = b$ .

Una manera mucho más sencilla de verlo: si y sólo si  $\text{imagen}(f) = B$ .

# Funciones sobreyectivas

## Relaciones y Funciones



# Funciones biyectivas

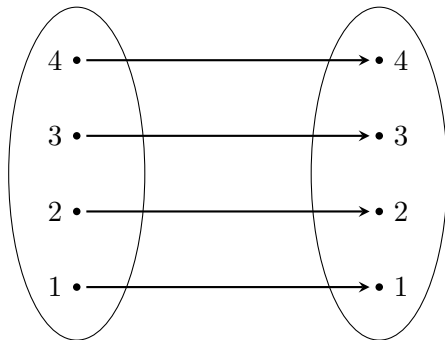
## Relaciones y Funciones

### Definición 15

Se dice que una función es **biyectiva** si y sólo si es **inyectiva** y **sobre**.

# Funciones biyectivas

## Relaciones y Funciones



# Conjuntos infinitos

## Relaciones y Funciones

- Los números **naturales**  $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$  son infinitos. Algunos autores consideran que  $0 \in \mathbb{N}$ , otros no.  $\mathbb{N}$  es un conjunto infinito **contable**.
- Los números **enteros**  $\mathbb{Z}$  y los números **racionales**  $\mathbb{Q}$  son también **infinitos contables** porque existe una **biyección** que los empareja uno a uno con cada  $n \in \mathbb{N}$ .
- Los números **irracionales**  $\mathbb{Q}'$  y los **reales**  $\mathbb{R}$  en cambio, **son infinitos no contables** porque no existe biyección que empareje uno a uno sus elementos con todo  $n \in \mathbb{N}$ .
- $|\mathcal{P}(A)| \gg |A|$ —no existe biyección que pueda emparejar uno a uno los elementos de ambos conjuntos, por lo que  $|\mathcal{P}(\mathbb{N})| \gg |\mathbb{N}|$ . El conjunto potencia de los naturales es **infinito no contable**.



# Conjuntos infinitos

## Relaciones y Funciones

- Los números **naturales**  $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$  son infinitos. Algunos autores consideran que  $0 \in \mathbb{N}$ , otros no.  $\mathbb{N}$  es un conjunto infinito **contable**.
- Los números **enteros**  $\mathbb{Z}$  y los números **racionales**  $\mathbb{Q}$  son también **infinitos contables** porque existe una **biyección** que los empareja uno a uno con cada  $n \in \mathbb{N}$ .
- Los números **irracionales**  $\mathbb{Q}'$  y los **reales**  $\mathbb{R}$  en cambio, **son infinitos no contables** porque no existe biyección que empareje uno a uno sus elementos con todo  $n \in \mathbb{N}$ .
- $|\mathcal{P}(A)| \gg |A|$ —no existe biyección que pueda emparejar uno a uno los elementos de ambos conjuntos, por lo que  $|\mathcal{P}(\mathbb{N})| \gg |\mathbb{N}|$ . El conjunto potencia de los naturales es **infinito no contable**.

# Conjuntos infinitos

## Relaciones y Funciones

- Los números **naturales**  $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$  son infinitos. Algunos autores consideran que  $0 \in \mathbb{N}$ , otros no.  $\mathbb{N}$  es un conjunto infinito **contable**.
- Los números **enteros**  $\mathbb{Z}$  y los números **racionales**  $\mathbb{Q}$  son también **infinitos contables** porque existe una **biyección** que los empareja uno a uno con cada  $n \in \mathbb{N}$ .
- Los números **irracionales**  $\mathbb{Q}'$  y los **reales**  $\mathbb{R}$  en cambio, **son infinitos no contables** porque no existe biyección que empareje uno a uno sus elementos con todo  $n \in \mathbb{N}$ .
- $|\mathcal{P}(A)| \gg |A|$ —no existe biyección que pueda emparejar uno a uno los elementos de ambos conjuntos, por lo que  $|\mathcal{P}(\mathbb{N})| \gg |\mathbb{N}|$ . El conjunto potencia de los naturales es **infinito no contable**.

# Conjuntos infinitos

## Relaciones y Funciones

- Los números **naturales**  $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$  son infinitos. Algunos autores consideran que  $0 \in \mathbb{N}$ , otros no.  $\mathbb{N}$  es un conjunto infinito **contable**.
- Los números **enteros**  $\mathbb{Z}$  y los números **racionales**  $\mathbb{Q}$  son también **infinitos contables** porque existe una **biyección** que los empareja uno a uno con cada  $n \in \mathbb{N}$ .
- Los números **irracionales**  $\mathbb{Q}'$  y los **reales**  $\mathbb{R}$  en cambio, **son infinitos no contables** porque no existe biyección que empareje uno a uno sus elementos con todo  $n \in \mathbb{N}$ .
- $|\mathcal{P}(A)| \gg |A|$ —no existe biyección que pueda emparejar uno a uno los elementos de ambos conjuntos, por lo que  $|\mathcal{P}(\mathbb{N})| \gg |\mathbb{N}|$ . El conjunto potencia de los naturales es **infinito no contable**.

# Conectivos lógicos

## Lógica

- La **disyunción** ( $\vee$ ) funciona de manera similar a la **unión** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica OR.
- La **conjunción** ( $\wedge$ ) funciona de manera similar a la **intersección** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica AND.
- La **negación** ( $\neg$ ) funciona de manera similar al **complemento**. Su compuerta lógica es el NOT.

¿Puedes describir la **implicación** y la **doble implicación**? ¿Cuáles de las leyes de conjuntos aplican también para lógica?

► Slide de Equivalencias

# Conectivos lógicos

## Lógica

- La **disyunción** ( $\vee$ ) funciona de manera similar a la **unión** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica OR.
- La **conjunción** ( $\wedge$ ) funciona de manera similar a la **intersección** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica AND.
- La **negación** ( $\neg$ ) funciona de manera similar al **complemento**. Su compuerta lógica es el NOT.

¿Puedes describir la **implicación** y la **doble implicación**? ¿Cuáles de las leyes de conjuntos aplican también para lógica?

► Slide de Equivalencias

# Conectivos lógicos

## Lógica

- La **disyunción** ( $\vee$ ) funciona de manera similar a la **unión** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica OR.
- La **conjunción** ( $\wedge$ ) funciona de manera similar a la **intersección** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica AND.
- La **negación** ( $\neg$ ) funciona de manera similar al **complemento**. Su compuerta lógica es el NOT.

¿Puedes describir la **implicación** y la **doble implicación**? ¿Cuáles de las leyes de conjuntos aplican también para lógica?

► Slide de Equivalencias

# Conectivos lógicos

## Lógica

- La **disyunción** ( $\vee$ ) funciona de manera similar a la **unión** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica OR.
- La **conjunción** ( $\wedge$ ) funciona de manera similar a la **intersección** en los conjuntos. Le corresponde la compuerta lógica AND.
- La **negación** ( $\neg$ ) funciona de manera similar al **complemento**. Su compuerta lógica es el NOT.

¿Puedes describir la **implicación** y la **doble implicación**? ¿Cuáles de las leyes de conjuntos aplican también para lógica?

► Slide de Equivalencias

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **conmutativas**.

$$p \vee q = q \vee p$$

$$p \wedge q = q \wedge p$$



# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **conmutativas**.

$$p \vee q = q \vee p$$

$$p \wedge q = q \wedge p$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **conmutativas**.

$$p \vee q = q \vee p$$

$$p \wedge q = q \wedge p$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **asociativas**.

$$p \vee (q \vee r) = (p \vee q) \vee r$$

$$p \wedge (q \wedge r) = (p \wedge q) \wedge r$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **asociativas**.

$$p \vee (q \vee r) = (p \vee q) \vee r$$

$$p \wedge (q \wedge r) = (p \wedge q) \wedge r$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **asociativas**.

$$p \vee (q \vee r) = (p \vee q) \vee r$$

$$p \wedge (q \wedge r) = (p \wedge q) \wedge r$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **distributivas** entre ellas.

$$p \vee (q \wedge r) = (p \vee q) \wedge (p \vee r)$$

$$p \wedge (q \vee r) = (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **distributivas** entre ellas.

$$p \vee (q \wedge r) = (p \vee q) \wedge (p \vee r)$$

$$p \wedge (q \vee r) = (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$$

# Equivalencias

## Lógica

La **conjunción** y la **disyunción** son **distributivas** entre ellas.

$$p \vee (q \wedge r) = (p \vee q) \wedge (p \vee r)$$

$$p \wedge (q \vee r) = (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$$



# Equivalencias

## Lógica

Leyes de De Morgan:

$$\neg(p \vee q) = \neg p \wedge \neg q$$

$$\neg(p \wedge q) = \neg p \vee \neg q$$

# Equivalencias

## Lógica

Leyes de **De Morgan**:

$$\neg(p \vee q) = \neg p \wedge \neg q$$

$$\neg(p \wedge q) = \neg p \vee \neg q$$

# Equivalencias

## Lógica

Leyes de De Morgan:

$$\neg(p \vee q) = \neg p \wedge \neg q$$

$$\neg(p \wedge q) = \neg p \vee \neg q$$