VNCKey

RUST PERÚ

Diviértete con Rust

Viaja al futuro con el poder de Rust

- Programación de Sistemas
- ⚡ Zero-Cost Abstractions
- 🔒 Memory Safety

Alexander Villanueva

Contenido

Introducción a Rust

Durante más de cinco décadas, los lenguajes de programación de bajo nivel como C y C++ han sido la base sobre la cual se construyeron componentes críticos de la computación moderna, incluyendo sistemas operativos, kernels, navegadores y software de alto rendimiento. Su principal fortaleza radica en el control preciso que ofrecen sobre la memoria y el hardware, lo que permitió alcanzar niveles de eficiencia difíciles de igualar por otros lenguajes.

Sin embargo, esta misma libertad expuso a los desarrolladores a una realidad compleja y costosa. La gestión manual de memoria y la falta de garantías de seguridad en el propio lenguaje facilitaron la introducción accidental de errores graves como buffer overflow, use-after-free, double free y data races. Estos problemas no solo son difíciles de detectar, sino que han sido históricamente responsables de una gran parte de las vulnerabilidades de seguridad más críticas en la industria del software.

Frente a este panorama, Graydon Hoare un brillante Ingeniero con amplia experiencia en la corrección de errores en C y C++ formuló una pregunta tan simple como disruptiva.

¿Por qué los lenguajes de programación permiten errores que, conceptualmente, no deberían ser posibles?

De esta reflexión nació Rust, un lenguaje de programación moderno diseñado desde sus cimientos para prevenir clases enteras de errores antes de que el programa llegue siquiera a ejecutarse.

Rust introduce un modelo de seguridad de memoria verificado en tiempo de compilación, sin depender de recolectores de basura del cual se sacrifica rendimiento. El resultado es un lenguaje capaz de ofrecer un desempeño comparable al de C y C++, pero con garantías mucho más sólidas en términos de seguridad, concurrencia y corrección.

¿Por qué las empresas están apostando por Rust?

La adopción de Rust en la industria no es una moda pasajera, sino una respuesta directa a problemas reales y costosos. Grandes empresas tecnológicas han comprobado que una proporción significativa de sus vulnerabilidades de seguridad provienen de errores de memoria. Reducir estos fallos no solo mejora la seguridad, sino que también disminuye costos de mantenimiento, parches y auditorías.

Empresas como Mozilla, Microsoft, Google, Amazon y Cloudflare han incorporado Rust en componentes críticos de sus sistemas. En muchos casos, Rust se ha utilizado para reescribir partes sensibles del código originalmente escritas en C o C++, logrando mejoras sustanciales en seguridad sin perder rendimiento.

Por ejemplo:

- Mozilla desarrolló partes del motor de Firefox en Rust para reducir fallos de memoria.
- Microsoft ha promovido activamente Rust como alternativa segura para el desarrollo de componentes del sistema operativo.
- Google ha integrado Rust en Android y en proyectos de infraestructura donde la seguridad es prioritaria.
- Cloudflare utiliza Rust en servicios de red de alto rendimiento expuestos directamente a Internet.

Estos casos de éxito demuestran que Rust no solo es un lenguaje académico o experimental, sino una herramienta probada en producción a gran escala.

Instalación de Rust

Rust se instala mediante rustup, el instalador oficial que gestiona versiones del compilador y herramientas asociadas.

Linux y macOS

Ejecuta en tu terminal:

```bash
curl --proto '=https' --tlsv1.2 -sSf https://sh.rustup.rs | sh
```

Esto instalará:

- El compilador: rustc
- Gestor de paquetes: Cargo
- Documentación estándar
- Herramientas de desarrollo

Presiona Enter para la instalación estándar. Luego reinicia tu terminal o ejecuta:

```bash
source $HOME/.cargo/env
```

Windows

Requisito previo: Visual Studio Build Tools con MSVC

Paso 1: Instalar Build Tools

Descarga desde: https://visualstudio.microsoft.com/es/downloads/

Tienes 2 Opciones:

- **Opción completa:** Workload “Desktop Development with C++”
- **Opción mínima:** En “Componentes individuales” selecciona:
  - MSVC v143 – VS 2022 C++ x64/x86 build tools
  - Windows 11 SDK

Paso 2: Instalar Rust

Descarga desde: https://www.rust-lang.org/tools/install

Selecciona el instalador según tu arquitectura `32-bit`, `x64`, o `ARM64`.

- Ejecuta **rustup-init.exe** y presiona Enter para instalación estándar.
- Reinicia tu terminal después de la instalación.

Verificación

Confirma que la instalación fue exitosa:

```bash
rustc --version  # rustc 1.89.0 (29483883e 2025-08-04)
cargo --version  # cargo 1.89.0 (c24e10642 2025-06-23)
rustup --version # rustup 1.27.0 (2024-08-14)
```

Compilador y Gestor de Proyectos

Un lenguaje de programación moderno no se define únicamente por su sintaxis, sino también por las herramientas que lo rodean. En Rust, el compilador y su gestor de proyectos forman parte esencial del ecosistema y están diseñados para trabajar de manera integrada. Comprender su función desde el inicio permite entender por qué Rust ofrece una experiencia de desarrollo distinta a la de muchos otros lenguajes.

El compilador de Rust

En muchos lenguajes, el compilador se limita a traducir el código fuente a un programa ejecutable y a señalar errores básicos de sintaxis. En Rust, en cambio, el compilador asume un papel mucho más activo, ya que su propósito es ayudar al programador a escribir código correcto, seguro y eficiente.

Además de verificar el código, el compilador de Rust transforma los archivos fuente con extensión `.rs` en ejecutables nativos o en bibliotecas reutilizables, según el tipo de proyecto. Este proceso puede aplicarse tanto a proyectos completos como a archivos simples, lo que permite compilar desde pequeños programas de prueba hasta aplicaciones y bibliotecas de gran escala.

Para ello, el compilador analiza no solo la estructura del programa, sino también el uso de la memoria, los tiempos de vida de los datos y el acceso concurrente a los recursos. Gracias a este enfoque, Rust puede detectar en tiempo de compilación errores que en otros lenguajes suelen aparecer únicamente en ejecución o en producción.

Aunque esta rigurosidad puede resultar exigente al inicio, cumple una función pedagógica fundamental y es enseñar a pensar correctamente sobre la memoria y la seguridad desde el primer día. A esto se suma la calidad de los mensajes de error del compilador, que no solo indican qué está mal, sino que explican por qué ocurre el problema y cómo corregirlo, convirtiéndose en una herramienta de aprendizaje continuo.

Proceso de Compilación

Diagrama 1: Flujo de compilación en Rust: desde el código fuente hasta el ejecutable

Como vemos en el Diagrama 1, el compilador `rustc` es el encargado de transformar nuestro código.

Todo comienza con el código fuente `main.rs`:

```Rust
fn main() {
    println!("Compilador directo rustc."); //Archivo: main.rs
}
```

- `fn`: Define la función principal y obligatoria de un programa ejecutable en Rust.
- `main()`: Es un nombre reservado y especial que el compilador de Rust y el sistema operativo buscan para saber dónde empezar a ejecutar el código.

Podemos compilarlo:

```bash
rustc main.rs
```

Esto genera un ejecutable:

- Linux/macOS: `main`
- Windows: `main.exe`

Ejecuta:

```bash
./main          # Linux/macOS
main.exe        # Windows
```

Resultado:

```
Hola desde Rust!
```
Output

Gestor de Proyectos Cargo

Junto al compilador, Rust incorpora de forma nativa Cargo, su gestor de proyectos y paquetes. Cargo se encarga de tareas fundamentales como la creación de proyectos, la compilación del código, la gestión de dependencias, la ejecución de pruebas y la generación de documentación, todo bajo una estructura clara y coherente.

Para quienes se inician en la programación, Cargo elimina gran parte de la complejidad asociada a la configuración del entorno y al manejo manual de librerías. Para los usuarios avanzados, ofrece control preciso de versiones, reproducibilidad y una integración fluida con el ecosistema de bibliotecas de Rust, disponibles a través del repositorio central crates.io.

Fases del Proceso

1. Paso 1: Creación del Módulo Fuente

   Todo comienza con el código fuente, que tradicionalmente lleva la extensión `.rs`.

   ```rust
   fn A main B() {
       println!("Compilador directo rustc."); //Archivo: main.rs
   }
   ```
   Rust

   - A:

     Define la función principal y obligatoria de un programa ejecutable en Rust.

   - B:

     Es un nombre reservado y especial que el compilador de Rust y el sistema operativo buscan para saber dónde empezar a ejecutar el código.

2. Paso 2: Compilación

   Desde la terminal, se invoca a rustc, apuntando al archivo de entrada. El compilador lee el código y genera un archivo binario ejecutable en el mismo directorio.

   ```bash
   rustc main.rs
   ```
   bash

   En este proceso, rustc maneja internamente la verificación de tipos, el borrow checker y la generación del código máquina optimizado, utilizando LLVM.

3. Ejecución

   Esto genera un ejecutable.

   - Windows:

     ```bash
     .\main.exe
     ```
     bash

   - Linux/macOS:

     ```bash
     ./main
     ```
     bash

   Resultado:

```
Compilador directo rustc.
```
Output

Tu Primer Proyecto con Cargo

Crear un nuevo proyecto

```bash
# Crear un proyecto binario (aplicación)
cargo new a hola_mundo b
```

- a: Crear un nuevo proyecto Rust
- b: Nombre del proyecto

```bash
# Entrar al directorio
cd hola_mundo
```

Estructura creada:

```
hello_world/ Raíz del proyecto
├── Cargo.lock Registra las versiones específicas
├── Cargo.toml Define las dependencias
├── src/
│   └── main.rs Código fuente principal
└── target/ Destino de la Compilación
    └── debug/
        ├── build/
        └── deps/
            └── hello_world El ejecutable de tu aplicación
```
Output

Anatomía del Proyecto: Cargo.toml

Contenido inicial de Cargo.toml

```toml
[package]
name = "hola_mundo" Nombre del proyecto
version = "0.1.0" Versión siguiendo
edition = "2021" Edición estable de Rust 2021


[dependencies] crates
# Ejmplos
# rand = "0.8.5" Permite generar números aleatorios

# serde = "1.0.130" Permite serializar y deserializar datos


[dev-dependencies]
# Dependencias solo para desarrollo/testing
```
toml

(1) Metadatos

(2) Librerías externas

```
[build-dependencies]
# Dependencias para scripts de build
```

Punto de entrada: main.rs

```rust
fn main() A { C
    println! B ("Hola, Rust!");
} C
```

1. A: Define la función principal del programa
2. B: Es una macro que imprime texto en la consola
3. C: Delimitan el bloque de código de la función

Compilar y Ejecutar

```bash
cargo run
```

```bash
Compiling hola_mundo v0.1.0 (/ruta/hola_mundo) A
 Finished `dev` profile [unoptimized + debuginfo] target(s) in 3.42s B
  Running `target/debug/hola_mundo` C
Hola, Rust! D
```

1. A: Cargo compila el proyecto (solo la primera vez o si hay cambios)
2. B: Perfil de compilación: dev (desarrollo, sin optimizaciones)
3. C: Ruta del ejecutable que se está ejecutando
4. D: Output de tu programa

Si no modificaste el código, la segunda ejecución será instantánea:

```bash
Finished `dev` profile [unoptimized + debuginfo] target(s) in 0.01s
 Running `target/debug/hola_mundo`
Hola, Rust!
```

Variables con Rust

Let

```rust
fn main() {
  let A edad B = 25 C ;
  println!("Mi edad es {}", edad);
}
```

1. A: La palabra reservada let se usa para declarar variables inmutables por defecto
2. B: Nombre de la variable edad
3. C: Asignación de tipo de valor entero 25

```
Mi edad es 25
```

Que pasa si queremos modificar el valor de una variable inmutable?

```rust
fn main() {
  let edad = 25;
  edad = 26; ERROR!!
  println!("Mi edad es {}", edad);
}
```

Gracias a herramientas inteligentes como rust-analyzer y rustc, nuestros editores de código pueden analizar información avanzada e interactiva a través del Language Server Protocol (LSP). De esta manera, es posible visualizar errores, comprender por qué el código es incorrecto e incluso recibir sugerencias automáticas para corregirlo.

```bash
error[E0384]: No se puede asignar dos veces a la variable inmutable `edad`
 --> src/main.rs:3:3
3 |   edad = 26;
  |
help: consider making this binding mutable
  |
2 |   let mut edad = 25;
  |       +++
For more information about this error, try `rustc --explain E0384`.
```

1. El Código de Error: [E0384]

   Este es el identificador único y universal del problema.

   Con documentacion https://doc.rust-lang.org/error_codes/error-index.html exacta para el tipo de error y explicacion detallada de ese problema.

variables mutables

Si necesitas cambiar el valor de una variable, debes declararla explícitamente como mutable usando let mut.

```rust
fn main() {
  let mut A carro = "Toyota";
  println!("Mi carro es {}", carro);
  carro = "Honda";
  println!("Mi nuevo carro es {}", carro);
}
```

1. A: La palabra reservada let mut se usa para declarar variables mutables que cambian su valor a lo largo del programa.

Shadowing

El shadowing permite declarar una nueva variable con el mismo nombre que una anterior.

La nueva variable “sombrea” a la anterior.

```rust
fn main() {
```

```
  let mut edad = 25;
  println!("Mi edad es {}", edad);
  let edad = "Mi edad es 35"; A
  println!("{}", edad);
}
```

- A:
  - Rust permite declarar una nueva variable con el mismo nombre que una anterior.
  - La nueva variable "sombrea" a la anterior.
  - Shadowing permite cambiar el tipo de una variable.

```
Mi edad es 25
Mi edad es 35
```
Output

Lo que no se puede hacer es cambiar el tipo de una variable sin "sombrear".

```
let mut texto = "Hola";
texto = 5; ERROR!
```
Rust

Scopes

El scope determina dónde una variable es válida en tu código. En Rust, el scope está definido por llaves { }.

```
fn main() {
  let x = 5;
  println!("Valor de x: {x}");
  {
    let x = x * 2;
    let y = x;
    println!("Dentro del scope x: {x}");
    println!("Dentro del scope y: {y}");
  } A
  //println!("Valor de y: {y}"); ERROR!
  println!("Valor de x: {x}");
}
```
Rust

- A:
  - La variable x y y son válidas dentro del scope en el que fueron declaradas.
  - Terminado el scope, las variables x y y son liberadas.
  - Ya no se pueden usar fuera del scope en el que fueron declaradas.

Nota: Puedes crear scopes anidados.

```
Valor de x: 5
Dentro del scope x: 10
Dentro del scope y: 10
```
Output

```
Valor de x: 5
```

Constantes

Las constantes son valores globales que nunca cambian y deben tener un tipo explícito. No tienen una dirección de memoria fija. Se utiliza para valores que son absolutamente fijos y conocidos de antemano, como constantes matemáticas, límites, o configuraciones fijas.

```rust
const PI A : f64 B = 3.14159265359;

fn main() {
   const PI: f64 = 5.14; C
  println!("Valor de PI: {}", PI);
   //PI = 3.12; D
}
```

1. A:

   Las constantes siempre usan SCREAMING_SNAKE_CASE.

2. B:

   El tipo debe ser explícito :f64 en este caso flotante.

3. C:

   Rust permiten sombrear constantes con el mismo nombre.

4. D:

   Rust no permite mutar constantes.

```output
Valor de PI: 5.14
```

Valores estaticos

Las variables estáticas tienen una ubicación fija en memoria y viven durante toda la ejecución del programa. Se inicializan al inicio de la ejecución del programa (cuando el programa se carga, antes de que se ejecute la función main).

```rust
static PROTOCOLO_VERSION A: u8 = 2;

fn main() {
   // let PROTOCOLO_VERSION:u8 = 3; B
   // PROTOCOLO_VERSION: u8 = 8; C
  println!("Protocolo v{}", PROTOCOLO_VERSION);
}
```

1. A:

   Declaramos un valor estatico con static

2. B

   No podemos sombrear un valor estatico con el mismo nombre.

3. C

   No podemos mutar un valor estatico.

```
Protocolo v2
```
Output

Statements & Expressions

Una sentencia es una instrucción que realiza una acción y no devuelve un valor. En Rust, la mayoría de las sentencias terminan con un punto y coma ;.

Una expresión es cualquier pieza de código que se evalúa y devuelve un valor.

```rust
fn main() {
  let y = { A
    let z = 3; B
    z + 1 D
  }; A

  println!("y = {}", y); A
}
```
Rust

1. A:

   - Tenemos la primera Sentencia (statement) `let y = { ... };`, una unidad de ejecución que no produce un valor que pueda ser utilizado por otra parte del código.
   - Expresión Asignada: `{ ... }` La expresión de bloque se evalúa y devuelve un valor

2. B:

   - Tenemos la segunda Sentencia (statement) La sentencia let realiza la acción de vincular un valor a un nombre y nunca devuelve un valor, Rust evita side-effect oculto.

     `let y = (let x = 5); ERROR!!!!`

     Ejemplos:

     Javascript

```javascript
let x = 1;
let y = (x = 2, x++);   // y = 2; x = 3
console.log(y, x);      // 2 3 = side-effect dentro de la expresión

if (count = 0) { }   // 0 es falsy = nunca entra, pero *asigna*
```
JavaScript

     Python

```python
b = 5
a = (b := 1) + (b := 2)   # a = 2
print("Valor de a es: ",a) #Valor de a es: 3
print("Valor de b es: ",b) #Valor de b es: 2
```
Python

- Rust prohíbe que let devuelva valor y así evita bugs clásicos como `if (x = 5)` .
- `println!` devuelve unit type (), y la llamada como declaración.
- Rust prohíbe que let sea una expresión para eliminar una clase entera de errores que sí existen en lenguajes donde la asignación devuelve valor.
- La regla de oro en Rust es que la mayoría de las sentencias terminan con un ; .

3. C:

   - Tenemos la primera Expresión (Expression) Cuando omites el punto y coma en la última línea de un bloque, le estás diciendo al compilador:

     "Quiero que el valor resultante de esta operación sea el valor de retorno de todo el bloque."

4. D:

   Por ultimo, tenemos un Statement

   Aunque la llamada a la macro println! es técnicamente una expresión (ya que se evalúa), su valor de retorno es el tipo unitario () (pronunciado "unit").

```
y = 4
```
Output

En caso de poner ; al final se convierte en una sentencia (statement) y devuleve un unit type ().

```rust
fn main() {
  let y = {
    let z = 3;
    z + 1; A
  };
  println!("y = {:?}", y);
}
```
Rust

1. A:

   Devuelve unit type ()

```
y = ()
```
Output

Sistema de Memoria

La seguridad de memoria de Rust garantiza que un programa nunca acceda a memoria inválida ni cometa errores peligrosos al manejar recursos. En lenguajes como C y C++, esta responsabilidad recae por completo en el programador, lo que abre la puerta a introducir accidentalmente vulnerabilidades como desbordamientos de búfer, use-after-free, double free o data races.

Rust elimina estos problemas desde su diseño.

Todo esto sin la necesidad de un garbage collector y sin costo adicional en tiempo de ejecución. Este enfoque permite escribir software seguro y eficiente.

Los primeros conceptos pilares es comprender como se administra la memoria. Rust divide la memoria en dos grandes regiones Stack y Heap, su diferencia es esencial para evitar errores como:

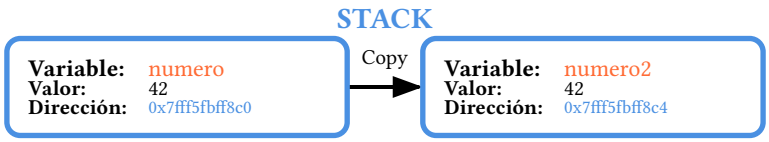
- use-after-free
- double free

- dangling pointers
- data races

Stack

El Stack es una región de la memoria RAM para almacenar datos cuya vida útil y tamaño son conocidos en tiempo de compilación.

```rust
fn main() {
    let numero: u8 = 5;
    let numero2 = numero;
}
```



Los valores se copian porque `i32` *implementa* `Copy`

Diagrama 2: Representación del stack de memoria en Rust

Heap

El Heap es una región de la memoria RAM para almacenar datos cuya vida útil y tamaño son conocidos en tiempo de ejecución.

```rust
fn main() {
  let texto: String A = String::from("Rûst"); B
  let texto2: String = texto; C

  println!("{texto2}");
  //println!("{texto1}"); D
}
```

1. A:
   - String es un tipo de dato que se almacena en el Heap y su tamaño es desconocido en tiempo de compilación.
   - Se usa para representar texto dinámico, cuya longitud o contenido puede cambiar en tiempo de ejecución.
2. B:
   - Sirve para construir una String a partir de un &str por ejemplo un “Hola” u otros tipos convertibles, como otro mismo String.
   - Es equivalente a .to_string() en muchos casos, pero se prefiere String::from() por ser más explícito y genérico.
3. C:
   - texto tiene un comportamiento llamado Move cuando texto2 la consume.

- Después de la asignación, texto ya no es válido, puesto que el compilador no te dejará usarlo, move semantics.
- Primera regla de Ownership solo puede haber un único propietario y es por esta razon que Rust no permite que dos variables apunten al mismo dato en el Heap.
- texto2 es ahora el propietario del String “Rûst”
- println!(“{texto}”);

4. D:
   - El uso de la variable texto es invalido, ya que fue movida a texto2.

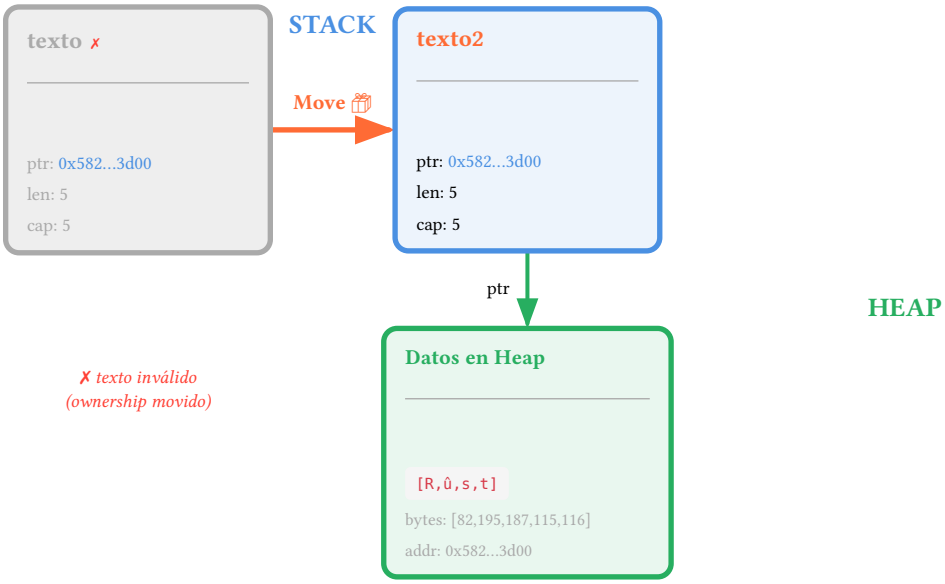


Diagrama 3: Move semántico: el ownership se transfiere de `texto` a `texto2`

Tipos de datos

Los tipos de datos son uno de los pilares fundamentales de cualquier lenguaje de programación, y Rust no es la excepción. En esencia, un tipo de dato define qué clase de información puede almacenar una variable o una expresión, así como las operaciones que se pueden realizar sobre ella.

Rust, al ser un lenguaje con tipado estático, requiere que el compilador conozca el tipo de cada valor en tiempo de compilación. Esto significa que los tipos se verifican antes de que el programa se ejecute, lo que permite detectar muchos errores potenciales de manera temprana.

¿Por qué son tan importantes los tipos en Rust?

La respuesta radica en sus principios del lenguaje mismo.

- Seguridad de memoria y de tipos: Rust utiliza su sistema de tipos para prevenir clases enteras de errores comunes en otros lenguajes, como el acceso a memoria no inicializada, desbordamientos de búfer o el uso incorrecto de valores nulos. Gracias al tipo estricto, el compilador puede garantizar que tu código no realice operaciones inválidas sin necesidad de un recolector de basura o de verificaciones en tiempo de ejecución costosas.
- Rendimiento: Al conocer los tipos en tiempo de compilación, Rust puede optimizar el código generado de forma muy eficiente. Cada tipo tiene un tamaño y un alineamiento conocidos, lo que permite al compilador generar código máquina cercano al que escribirías en C o C++, pero con muchas más garantías de seguridad.

- Legibilidad y mantenibilidad: Al declarar explícitamente los tipos, el código estara mejor documentado y entender rápidamente qué tipo de datos se está manipulando y qué comportamiento se espera.

En Rust, los tipos se dividen en categorías:

- Tipos escalares “scalar types”, en esta categoria representa un único valor.
- Tipos compuestos “compound types”, pueden agrupar múltiples valores en una sola estructura.

Scalar Types

Los tipos escalares en Rust representan un único valor básico. Son los bloques de construcción más simples del lenguaje y cubren los datos más comunes como los números enteros, números de punto flotante, valores booleanos y caracteres.

Rust es estricto con los tipos escalares, ya que cada uno tiene un tamaño definido por defecto, pero también te permite elegir variantes con tamaños explícitos según las necesidades.

Enteros

Los enteros son tipos de datos numéricos que representan valores sin parte decimal. Están diseñados para ser explícitos tanto en su tamaño como en su signo, proporcionando un control preciso sobre el uso de memoria y garantizando un comportamiento predecible del programa.

Clasificación de los Enteros

Rust organiza los tipos enteros en dos categorías principales según cual se adapte a las necesidades en términos de rango de valores y consumo de memoria.

Enteros con Signo

Los enteros con signo son aquellos tipos enteros que pueden representar tanto valores positivos como negativos, además del cero. En Rust, se identifican por el prefijo `i` seguido del número de bits: i8, i16, i32, i64 y i128.

Tipo	Valor mínimo	Valor máximo
`i8`	−128	127
`i16`	−32 768	32 767
`i32`	−2 147 483 648	2 147 483 647
`i64`	−9 223 372 036 854 775 808	9 223 372 036 854 775 807
`i128`	-2^{127}	$2^{127} - 1$

Tabla 1: Rangos numéricos de los tipos enteros con signo

El número en el nombre del tipo indica la cantidad de bits utilizados para almacenar el valor. Por ejemplo, `i8` utiliza 8 bits, mientras que `i128` utiliza 128 bits.

```Rust
let temperatura: i8 = -15;
let poblacion: i32 = -2_147_483_648;
let deuda: i64 = -9_223_372_036_854_775_808;
```

Enteros sin Signo (`u`)

Los enteros sin signo representan exclusivamente valores no negativos (positivos y cero). Al no reservar un bit para el signo, pueden almacenar números positivos de mayor magnitud utilizando la misma cantidad de bits que sus equivalentes con signo.

Tipo	Valor mínimo	Valor máximo
`u8`	0	255
`u16`	0	65 535
`u32`	0	4 294 967 295
`u64`	0	18 446 744 073 709 551 615
`u128`	0	$2^{128} - 1$

Tabla 2: Rangos numéricos de los tipos enteros sin signo

Estos tipos son ideales para contadores, índices de arrays, y cualquier magnitud que por definición no pueda ser negativa.

```rust
let edad: u8 = 25;
let habitantes: u32 = 8_000_000;
let bytes_procesados: u64 = 18_446_744_073_709_551_615;
```

Tipos Dependientes de Arquitectura: `usize` e `isize`

A diferencia de los tipos de tamaño fijo, `usize` e `isize` tienen un tamaño que se adapta automáticamente a la arquitectura del procesador donde se compila el programa. En sistemas de 32 bits, estos tipos equivalen a `u32` e `i32` respectivamente; en sistemas de 64 bits, a `u64` e `i64` .

Tipo	Valor mínimo	Valor máximo
`usize`	0	$2^{32} - 1$ o $2^{64} - 1$
`isize`	-2^{31} o -2^{63}	$2^{31} - 1$ o $2^{63} - 1$

Tabla 3: Rangos numéricos de los tipos enteros dependientes de arquitectura

Estos tipos se utilizan principalmente para:

- Indexar colecciones (vectores, arrays, slices)
- Representar tamaños de memoria y longitudes
- Realizar aritmética de punteros

```rust
let indice: usize = 2;
```

Esta adaptabilidad permite que el mismo código funcione eficientemente tanto en microcontroladores de 32 bits como en servidores de 64 bits, sin modificaciones.

Inferencia de Tipos Enteros

Cuando no se especifica explícitamente el tipo de un literal entero, Rust aplica la inferencia de tipos y asume `i32` como valor predeterminado. Esta elección se fundamenta en que `i32` ofrece un equilibrio óptimo entre rango numérico y rendimiento en la mayoría de las arquitecturas modernas.

```Rust
let numero = 42;        // Tipo inferido: i32
let negativo = -100;    // Tipo inferido: i32
let resultado = numero + negativo;  // i32
```

Especificación Explícita de Tipos

Anotación de Tipo

La forma más común de especificar el tipo es mediante anotaciones:

```Rust
let byte: u8 = 255;
let contador: u32 = 1_000_000;
let timestamp: i64 = 1_234_567_890;
```

Sufijos de Tipo en Literales

Rust permite especificar el tipo directamente en el literal numérico mediante sufijos:

```Rust
let a = 100i32;      // i32 explícito
let b = 255u8;       // u8 explícito
let c = 1_000i64;    // i64 explícito
let d = 500usize;    // usize explícito
```

Esta sintaxis es especialmente útil en expresiones donde la inferencia de tipos podría ser ambigua.

Representación de Literales Enteros

Separadores Visuales

Para mejorar la legibilidad de números grandes, Rust permite el uso del guion bajo (`_`) como separador visual. Este separador no afecta el valor numérico y puede colocarse en cualquier posición:

```Rust
let millones = 1_000_000;
let billion = 1_000_000_000;
let bits = 0b1111_0000_1010_1010;
let hex = 0xdead_beef;
```

Bases Numéricas

Rust soporta la representación de enteros en cuatro bases numéricas diferentes mediante prefijos específicos:

```Rust
let decimal = 255;          // Base 10 (predeterminada)
let hexadecimal = 0xff;     // Base 16 (prefijo 0x)
let octal = 0o377;          // Base 8 (prefijo 0o)
let binario = 0b1111_1111;  // Base 2 (prefijo 0b)
```

Adicionalmente, Rust proporciona literales de byte para representar valores ASCII:

```rust
let byte_a: u8 = b'A';       // Equivale a 65
let byte_newline: u8 = b'\n'; // Equivale a 10
```

Desbordamiento de Enteros

El desbordamiento ocurre cuando una operación aritmética produce un resultado que excede el rango permitido por el tipo. El comportamiento de Rust ante el desbordamiento depende del perfil de compilación:

Modo debug:

Rust inserta verificaciones automáticas que provocan un pánico en tiempo de ejecución cuando se detecta un desbordamiento, facilitando la detección temprana de errores.

```rust
let x: u8 = 255;
let y = x + 1;  // Pánico: intento de sumar con desbordamiento
```

Modo release:

Por razones de rendimiento, las verificaciones se eliminan y el desbordamiento produce un comportamiento de **wrapping**, donde el valor "da la vuelta" al rango válido.

```rust
let x: u8 = 255;
let y = x + 1;  // y = 0 (wrapping sin pánico)
```

Control Explícito del Desbordamiento

Para manejar el desbordamiento de forma predecible independientemente del perfil de compilación, Rust proporciona métodos específicos:

```rust
let x: u8 = 255;

// Wrapping: siempre da la vuelta
let a = x.wrapping_add(1);  // 0

// Checked: devuelve Option<T>
let b = x.checked_add(1);   // None

// Saturating: se detiene en el límite
let c = x.saturating_add(1); // 255

// Overflowing: retorna valor y flag booleano
let (d, overflow) = x.overflowing_add(1); // (0, true)
```

Conversiones entre Tipos Enteros

Rust no realiza conversiones implícitas entre tipos enteros, incluso cuando la conversión sería segura. Todas las conversiones deben ser explícitas utilizando el operador `as`:

```rust
let a: u8 = 100;
let b: u16 = a as u16;  // Conversión segura (widening)
let c: u32 = b as u32;
```

```
let x: u32 = 1000;
let y: u8 = x as u8;     // Conversión potencialmente peligrosa (narrowing)
                         // y = 232 (se truncan los bits superiores)
```

Advertencia: Las conversiones que reducen el tamaño del tipo (**narrowing**) pueden resultar en pérdida de datos si el valor excede el rango del tipo destino. Rust trunca los bits superiores sin advertencia.

Constantes de Rango

Todos los tipos enteros proporcionan constantes asociadas que definen sus límites numéricos:

```Rust
println!("Rango de u8: {} a {}", u8::MIN, u8::MAX);
println!("Rango de i16: {} a {}", i16::MIN, i16::MAX);
println!("Rango de u32: {} a {}", u32::MIN, u32::MAX);
println!("Rango de isize: {} a {}", isize::MIN, isize::MAX);
```

Operaciones y métodos comunes

```Rust
let x: i32 = 42;

println!("Abs: {}", x.abs());        // valor absoluto
println!("Pow: {}", x.pow(3));       // potencia (42^3)
println!("{}",x.is_positive());      // es positivo?
println!("{}",x.is_negative());      // es negativo?
println!("{}",x.to_string());        // convierte a una cadena de texto
println!("{}",x.signum());
```

Operador	Descripción	Ejemplo	Resultado
`+`	Suma	`let numero = 15 + 5;`	`20`
`-`	Resta	`let numero = 15 - 5;`	`10`
`*`	Multiplicación	`let numero = 15 * 5;`	`75`
`/`	División	`let numero = 15 / 5;`	`3`
`%`	Módulo	`let numero = 15 % 5;`	`0`

Tabla 4: Operadores aritméticos

Operador	Equivalente a	Ejemplo
`+=`	`x = x + y`	`x += 2;`
`-=`	`x = x - y`	`x -= 3;`
`*=`	`x = x * y`	`x *= 5;`
`/=`	`x = x / y`	`x /= 2;`
`%=`	`x = x % y`	`x %= 3;`

Tabla 5: Operadores de asignación compuesta

Punto Flotante

Los tipos de punto flotante (**floating-point**) permiten representar números con componente fraccionaria. Estos tipos son fundamentales en cálculos de alta precisión.

Rust implementa el estándar IEEE 754 para aritmética de punto flotante, garantizando compatibilidad con otros lenguajes y sistemas, y proporcionando un comportamiento predecible en diferentes plataformas.

Tipos Disponibles

Rust proporciona dos tipos de punto flotante que difieren en su precisión y rango de representación:

Tipo	Precisión	Rango aproximado
`f32`	6–9 dígitos significativos	$\pm 3.4 \times 10^{38}$
`f64`	15–17 dígitos significativos	$\pm 1.8 \times 10^{308}$

Tabla 6: Características de los tipos de punto flotante según IEEE 754

Precisión simple `f32` : Utiliza 32 bits para almacenar el valor. Es más eficiente en términos de memoria y puede ofrecer ventajas de rendimiento.

Precisión doble `f64` : Es el tipo predeterminado en Rust debido a que los procesadores modernos operan con `f64` a velocidades comparables a `f32` , mientras que proporciona significativamente mayor precisión.

```rust
let pi_aproximado = 3.14159265359;     // f64 predeterminado
let euler: f32 = 2.71828;              // f32 explícito
let gravedad: f64 = 9.80665;           // f64 explícito
```

Inferencia de Tipos

Cuando no se especifica el tipo, Rust infiere `f64` como predeterminado para literales con punto decimal:

```rust
let x = 3.14;              // Tipo inferido: f64
let y = 2.5;               // Tipo inferido: f64
```

```
let resultado = x * y;      // f64
```

Para forzar el uso de `f32`, se debe especificar mediante anotación de tipo o sufijo:

```Rust
let a: f32 = 3.14;          // Anotación de tipo
let b = 2.5f32;             // Sufijo de tipo
```

Limitaciones de Precisión

> **Advertencia importante:** Los números de punto flotante no pueden representar todos los valores decimales con exactitud absoluta. Esta limitación es inherente a la representación binaria utilizada por el estándar IEEE 754 y afecta a todos los lenguajes de programación modernos.

Ejemplo clásico de imprecisión:

```Rust
let resultado = 0.1 + 0.2;
println!("{}", resultado);  // Salida: 0.30000000000000004
```

Valores Especiales

El estándar IEEE 754 define valores especiales para representar condiciones excepcionales:

```Rust
// Infinito positivo y negativo
println!("Infinito: {}", f64::INFINITY);
println!("Infinito negativo: {}", f64::NEG_INFINITY);

// Not a Number (NaN)
println!("NaN: {}", f64::NAN);

// Operaciones que producen valores especiales
let div_cero = 1.0 / 0.0;           // INFINITY
let div_cero_neg = -1.0 / 0.0;      // NEG_INFINITY
let raiz_negativa = (-1.0_f64).sqrt();  // NaN
```

Verificación de Valores Especiales

Rust proporciona métodos para detectar estos casos:

```Rust
let valor = 1.0 / 0.0;

println!("¿Es infinito?: {}", valor.is_infinite());
println!("¿Es finito?: {}", valor.is_finite());
println!("¿Es NaN?: {}", valor.is_nan());
println!("¿Es signo negativo?: {}", valor.is_sign_negative());
println!("¿Es signo positivo?: {}", valor.is_sign_positive());
```

Constantes y Límites

Todos los tipos de punto flotante proporcionan constantes útiles:

```Rust
// Límites numéricos
```

```
println!("f32 min: {}, max: {}", f32::MIN, f32::MAX);
// -3.4028235e38  3.4028235e38
println!("f64 min: {}, max: {}", f64::MIN, f64::MAX);
// -1.7976931348623157e308  1.7976931348623157e308
```

Operaciones Matemáticas

Rust proporciona una amplia colección de métodos matemáticos para tipos de punto flotante:

Redondeo

```rust
let valor = 3.7;

println!("floor (hacia abajo): {}", valor.floor());     // 3.0
println!("ceil (hacia arriba): {}", valor.ceil());      // 4.0
println!("round (más cercano): {}", valor.round());     // 4.0
println!("trunc (parte entera): {}", valor.trunc());    // 3.0
```

Operaciones con Signo

```rust
let negativo = -15.8;

println!("Valor absoluto: {}", negativo.abs());         // 15.8
println!("Signum (+1, 0 o -1): {}", negativo.signum()); // -1.0
println!("Copiar signo: {}", 10.0_f64.copysign(negativo)); // -10.0
```

Potencias y Raíces

```rust
let base = 4.0;

println!("Potencia entera: {}", base.powi(3));          // 64.0
println!("Potencia decimal: {}", base.powf(1.5));       // 8.0
println!("Raíz cuadrada: {}", base.sqrt());             // 2.0
println!("Raíz cúbica: {}", 27.0_f64.cbrt());           // 3.0
```

Descomposición de Valores

```rust
let numero:f32 = 42.75;

println!("Parte entera: {}", numero.trunc());           // 42.0
println!("Parte fraccionaria: {}", numero.fract());     // 0.75
```

Formato de Salida

Rust proporciona especificadores de formato para controlar la presentación de números de punto flotante:

```rust
let valor = 123.456789;

// Controlar decimales
println!("2 decimales: {:.2}", valor);          // 123.46
println!("5 decimales: {:.5}", valor);          // 123.45679
```

```
// Notación científica
println!("Científica minúscula: {:e}", valor);  // 1.23456789e2
println!("Científica mayúscula: {:E}", valor);  // 1.23456789E2

// Ancho y alineación
println!("Ancho 10, 2 dec: {:10.2}", valor);    // "    123.46"
println!("Alineado izq: {:<10.2}", valor);      // "123.46    "
```

Conversiones entre Tipos

Al igual que con los enteros, las conversiones entre tipos de punto flotante deben ser explícitas:

```Rust
let x: f64 = 3.14159265359;

let y: f32 = x as f32;
// Conversión de f64 a f32 pérdida de precisión
// 3.1415927

let a: f32 = 42.5;

let b: f64 = a as f64; // Conversión de f32 a f64 sin pérdida

// Conversión a enteros trunca la parte decimal
let entero: i32 = x as i32; // 3
```

Booleano

El tipo `bool` es un tipo primitivo fundamental en Rust que representa valores lógicos. Este tipo es esencial para expresar condiciones, realizar comparaciones y controlar el flujo de ejecución de un programa mediante estructuras condicionales y bucles.

Un valor booleano solo puede adoptar dos estados posibles:

- `true` : verdadero
- `false` : falso

```Rust
let es_mayor_edad: bool = true;
let esta_lloviendo: bool = false;
let resultado: bool = 10 > 5;  // true
```

El tipo `bool` ocupa exactamente 1 byte de memoria, aunque conceptualmente solo requiere 1 bit de información.

Operadores Lógicos

Rust proporciona un conjunto de operadores lógicos para combinar, invertir o comparar valores booleanos. Estos operadores son fundamentales para construir expresiones lógicas complejas.

Operador	Nombre	Descripción
`!`	NOT : Negación	Invierte el valor lógico: `true` se convierte en `false` y viceversa
`&&`	AND : Conjunción	Devuelve `true` solo si ambos operandos son `true`
`||`	OR : Disyunción	Devuelve `true` si al menos uno de los operandos es `true`
`^`	XOR : Disyunción exclusiva	Devuelve `true` solo si exactamente uno de los operandos es `true`

Tabla 7: Operadores lógicos para el tipo `bool`

NOT

El operador `!` invierte el valor de una expresión booleana. Es un operador unario que se aplica a un único operando.

Expresión	Resultado
`!true`	`false`
`!false`	`true`

Tabla 8: Tabla de verdad del operador NOT

AND

El operador `&&` evalúa dos expresiones y devuelve `true` únicamente cuando ambas expresiones son verdaderas. Este operador implementa **short-circuit**: si el primer operando es `false`, el segundo no se evalúa.

A	B	A && B
`true`	`true`	`true`
`true`	`false`	`false`
`false`	`true`	`false`
`false`	`false`	`false`

Tabla 9: Tabla de verdad del operador AND

Ejemplo práctico:

```rust
let edad = 25;
let tiene_licencia = true;
```

```rust
let puede_conducir = edad >= 18 && tiene_licencia;
println!("¿Puede conducir? {}", puede_conducir);  // true
```

OR

El operador `||` devuelve `true` si al menos uno de los operandos es verdadero. También implementa evaluación perezosa: si el primer operando es `true`, el segundo no se evalúa.

A	B	A || B
true	true	true
true	false	true
false	true	true
false	false	false

Tabla 10: Tabla de verdad del operador OR

Ejemplo práctico:

```rust
let es_fin_semana = true;
let es_feriado = false;
let puede_descansar = es_fin_semana || es_feriado;
println!("¿Puede descansar? {}", puede_descansar);  // true
```

XOR

El operador `^` devuelve `true` únicamente cuando los operandos tienen valores diferentes. Es útil para detectar discrepancias o alternar estados.

A	B	A ^ B
true	true	false
true	false	true
false	true	true
false	false	false

Tabla 11: Tabla de verdad del operador XOR

Ejemplo práctico:

```rust
let estado_anterior = true;
let estado_actual = false;
let hubo_cambio = estado_anterior ^ estado_actual;
println!("¿Hubo cambio? {}", hubo_cambio);  // true
```

Operadores de Comparación

Los operadores de comparación evalúan relaciones entre valores y devuelven un resultado booleano. Son fundamentales para la construcción de expresiones condicionales.

Operador	Nombre	Descripción
`==`	Igualdad	Verdadero si ambos valores son iguales
`!=`	Desigualdad	Verdadero si los valores son diferentes
`<`	Menor que	Verdadero si el izquierdo es menor que el derecho
`>`	Mayor que	Verdadero si el izquierdo es mayor que el derecho
`<=`	Menor o igual	Verdadero si el izquierdo es menor o igual al derecho
`>=`	Mayor o igual	Verdadero si el izquierdo es mayor o igual al derecho

Tabla 12: Operadores de comparación

Conversiones y Métodos

Conversión a Cadena

El tipo `bool` puede convertir valores booleanos a cadenas de texto:

```rust
let verdadero = true;
let falso = false;

println!("{}", verdadero.to_string());  // "true"
println!("{}", falso.to_string());      // "false"
```

Conversión a Enteros

Los valores booleanos pueden convertirse a tipos numéricos mediante el operador `as`. Por convención, `false` se convierte en `0` y `true` en `1`:

```rust
let verdadero = true;
let falso = false;

let valor_v: u8 = verdadero as u8;    // 1
let valor_f: u8 = falso as u8;        // 0
```

Precedencia de Operadores

Cuando se combinan múltiples operadores, es importante comprender su orden de evaluación:

1. `!`: Mayor precedencia
2. Operadores de comparación (`==`, `!=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`)
3. `&&`
4. `||`

5. `^`: Menor precedencia

```rust
let resultado1 = !false && true || false;
// Equivale a: ((!false) && true) || false
// = (true && true) || false
// = true || false
// = true

// Con paréntesis explícitos
let resultado2 = (!false && true) || false;
// true
```

Recomendación: Aunque Rust tiene reglas claras de precedencia, el uso de paréntesis explícitos mejora la legibilidad del código y previene errores sutiles.

Carácter

El tipo `char` en Rust es una representación completa y segura de cualquier carácter Unicode.

Representación de Caracteres

Los literales de tipo `char` se escriben entre comillas simples (`'`), distinguiéndose así de las cadenas de texto que utilizan comillas dobles (`"`):

```rust
let letra: char = 'A';
let minuscula: char = 'ñ';
let numero: char = '7';
let simbolo: char = '©';
let emoji: char = '😎';
let kanji: char = '字';
let arabe: char = 'ع';
```

Métodos de Inspección

Rust proporciona una amplia colección de métodos para analizar las propiedades de un carácter:

Clasificación de Caracteres

```rust
let c = 'A';

// Propiedades alfabéticas
println!("¿Alfabético?: {}", c.is_alphabetic());      // true
println!("¿Alfanumérico?: {}", c.is_alphanumeric());  // true
println!("¿Mayúscula?: {}", c.is_uppercase());        // true
println!("¿Minúscula?: {}", c.is_lowercase());        // false

// Propiedades numéricas
let numero = '7';
println!("¿Dígito?: {}", numero.is_numeric());        // true
println!("¿Dígito ASCII?: {}", numero.is_ascii_digit()); // true
```

```rust
// Espacios en blanco
let espacio = ' ';
println!("¿Espacio?: {}", espacio.is_whitespace());   // true

// Control y formato
let tab = '\t';
println!("¿Control?: {}", tab.is_control());          // true
```

Secuencias de Escape

Rust soporta varias secuencias de escape para representar caracteres especiales:

Secuencia	Carácter	Descripción
`\n`	Nueva línea	Line feed (LF)
`\r`	Retorno de carro	Carriage return (CR)
`\t`	Tabulador	Tabulador horizontal
`\\`	Barra invertida	Backslash literal
`\'`	Comilla simple	Necesaria en literales char
`\0`	Carácter nulo	Byte cero
`\x7F`	ASCII hex	Carácter ASCII en hexadecimal (2 dígitos)
`\u{1F680}`	Unicode	Carácter Unicode (hasta 6 dígitos hex)

Tabla 13: Secuencias de escape para caracteres

```rust
// Secuencias comunes
let nueva_linea = '\n';
let tab = '\t';
let comilla = '\'';
let backslash = '\\';

// ASCII hexadecimal
let delete = '\x7F';  // Carácter DEL

// Unicode con código
let cohete = '\u{1F680}';  // 🚀
let corazon = '\u{2764}';  // ❤

println!("Cohete: {}", cohete);
println!("Corazón: {}", corazon);
```

Compound Types

En Rust, los tipos compuestos son aquellos que combinan varios valores en una sola unidad de datos.

A diferencia de los tipos escalares, los compuestos pueden agrupar o contener múltiples valores de uno o varios tipos.

Rust tiene dos tipos compuestos principales:

- Tuplas "tuple"
- Arreglos "array"

Tuplas

En Rust, una tupla es un tipo compuesto que permite agrupar varios valores dentro de un único contenedor. Su tamaño es fijo: una vez creada, no puede crecer ni reducirse.

Una tupla es útil cuando:
- Quieres empaquetar distintos tipos de datos.
- No necesitas asignar nombre a cada campo.
- Quieres retornar varios valores desde una función.
- Deseas manipular datos agrupados de manera temporal y ligera.

Rust las define como `(valor1, valor2, valor3, ...)`.

Características principales

- **Puede contener valores de tipos distintos.**
  `(i32, f64, &str)`
- **El orden importa.**
  `(1, "Hola")` es diferente de `("Hola", 1)`.
- **Su tamaño es fijo.**
  No se pueden agregar ni remover elementos.
- **Son ligeras y rápidas.**
  Las tuplas viven en la stack cuando es posible, por lo que no requieren asignación dinámica.
- **Tipos heterogéneos.**
  A diferencia de los arrays, las tuplas pueden contener elementos de diferentes tipos en una misma estructura.

Creación de tuplas

Se definen entre paréntesis:

```Rust
let persona: (&str, i32, bool) = ("Luis", 24, true);
```

Rust también puede inferir los tipos:

```Rust
let persona = ("Luis", 24, true);  // (&str, i32, bool)
```

Acceso por índice

Cada valor dentro de la tupla se accede usando un índice con punto '`.`'

Los índices empiezan en 0.

```rust
println!("Nombre: {}", persona.0);  // elemento 1: Luis
println!("Edad: {}", persona.1);    // elemento 2: 24
println!("Activa: {}", persona.2);  // elemento 3: true
```

Desestructuración

Desempaqueta la tupla en variables:

```rust
let persona = ("Luis", 25, true);
let (nombre, edad, activo) = persona;

println!("{}", nombre);   // Luis
println!("{}", edad);     // 25
println!("{}", activo);   // true
```

Ignorar valores con ‘ `_` ’

```rust
let persona = ("Luis", 25, true);
let (_, edad, _) = persona;

println!("{}", edad);  // 25
```

Debug en tuplas

Puedes imprimir una tupla con:

```rust
println!("{:?}", persona);  // ("Luis", 24, true)
```

Siempre que todos sus elementos implementen `Debug` .

Mutabilidad

La tupla completa debe ser mutable para modificar uno de sus campos.

Ejemplo:

```rust
let mut persona = ("Luis", 25, true);
persona.0 = "Ana";
persona.1 = 30;
persona.2 = false;

println!("{:?}", persona);
```

Resultado:

```
("Ana", 30, false)
```

Tupla vacía

Rust tiene una tupla especial: la tupla vacía ‘ `()` ’.

También se llama:

- unit type
- unit value

```Rust
fn saludo() {
    println!("Hola!");
}

fn main() {
    let x = saludo();
    println!("{:?}", x);  // imprime ()
}
```

Cuando una función no retorna nada, en realidad retorna Unit type.

Rest pattern

Puedes usar ‘ `..` ’ para ignorar múltiples elementos intermedios:

```Rust
let tupla = (1, 2, 3, 4, 5);
let (primero, .., ultimo) = tupla;

println!("primero = {}, ultimo = {}", primero, ultimo);
// primero = 1, ultimo = 5
```

```Rust
let tupla = (1, 2, 3, 4, 5);
let (primero, segundo, ..) = tupla;

println!("{}, {}", primero, segundo);  // 1, 2
```

Tuplas anidadas

Puedes combinar tuplas dentro de otras:

```Rust
let anidada = ((1, 2), (3, 4));

println!("{}", (anidada.0).1);  // 2
println!("{}", (anidada.1).0);  // 3
```

Para mayor claridad, puedes desestructurar:

```Rust
let anidada = ((1, 2), (3, 4));
let ((a, b), (c, d)) = anidada;

println!("a={}, b={}, c={}, d={}", a, b, c, d);
// a=1, b=2, c=3, d=4
```

Tuplas con un solo elemento

Esto confunde a muchos:

```rust
let x = (5);    // esto NO es una tupla, solo es un i32
let y = (5,);   // esto SÍ es una tupla de un elemento
```

Las tuplas de un solo elemento deben llevar coma final.

Comparaciones

Las tuplas se pueden comparar si todos sus elementos implementan los traits necesarios:

```rust
fn main() {
    let t1 = (1, 2);
    let t2 = (1, 3);

    println!("{}", t1 < t2);   // true
    println!("{}", t1 == t2);  // false
}
```

La comparación se hace elemento por elemento, de izquierda a derecha (orden lexicográfico).

Límite de elementos

Rust implementa automáticamente traits como `Debug`, `Clone`, `PartialEq`, etc., para tuplas de hasta **12 elementos**.

```rust
// Esto funciona sin problema
let t = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12);
println!("{:?}", t);
```

Para tuplas con más de 12 elementos, necesitarás implementar manualmente estos traits si los necesitas:

```rust
// Esto compila, pero Debug no está implementado automáticamente
let t = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13);
// println!("{:?}", t);  // Error: Debug no implementado
```

Arrays

Un array en Rust es una colección de tamaño fijo de valores del mismo tipo.

Los arrays de tamaño fijo siempre se almacenan en el stack.

Esto los hace muy rápidos, pero limita su uso a tamaños pequeños o medianos.

Una vez definido, su tamaño no puede cambiar durante la ejecución del programa.

Sintaxis general

```rust
let nombre: [Tipo; tamaño] = [valor1, valor2, valor3, ...];
```

Creación

Se definen entre corchetes ‘ `[ ]` ’.

```rust
let notas: [i32; 4] = [15, 18, 20, 17];
```

```
            // Índice:  0,  1,  2,  3
```

- `let notas: [i32; 4]` se crea un array con 4 elementos `i32`
- `[15, 18, 20, 17]` se establecen los 4 números separados por ‘ , ’.

Debug e impresión

Puedes imprimir arrays fácilmente con `{:?}` o `{:#?}` para formato legible.

```rust
let datos = [10, 20, 30];
println!("{:?}", datos);   // [10, 20, 30]
println!("{:#?}", datos);  // formato en líneas
```

Resultado con `{:#?}`:

```rust
[
    10,
    20,
    30,
]
```

Tipos de datos

Los arrays pueden ser de cualquier tipo conocido en tiempo de compilación:

```rust
let cadenas = ["uno", "dos", "tres"];
let booleanos = [true, false, true];
let caracteres = ['a', 'b', 'c'];
let flotantes = [1.5, 2.7, 3.9];
```

Si mezclas tipos distintos, Rust no compila:

```rust
// Error de compilación:
let mixto = [1, "dos", 3.0];
```

Acceso por índice

```rust
let notas = [15, 18, 20, 17];

println!("Primera nota: {}", notas[0]);  // 15
println!("Segunda nota: {}", notas[1]);  // 18
println!("Tercera nota: {}", notas[2]);  // 20
println!("Cuarta nota: {}", notas[3]);   // 17
```

Los índices empiezan en 0, igual que en tuplas.

Acceso seguro

Rust evita errores de índice fuera de rango en tiempo de compilación cuando es posible.

```rust
let arr = [1, 2, 3];
```

```
println!("{}", arr[5]); // panic!
```

Acceder fuera del rango genera un panic!.

Para acceso seguro sin panic, usa métodos como `get()` :

```rust
let arr = [1, 2, 3];

match arr.get(5) {
    Some(valor) => println!("Valor: {}", valor),
    None => println!("Índice fuera de rango"),
}
// Imprime: Índice fuera de rango
```

Declaración de arrays

Inicialización explícita

```rust
let valores = [5, 10, 15];  // tipo inferido: [i32; 3]
```

Inicialización repetida

```rust
let ceros = [0; 5];  // [0, 0, 0, 0, 0]
```

Esto crea un array de 5 elementos, todos con valor 0.

Útil para inicializar arrays grandes:

```rust
let buffer = [0u8; 1024];  // 1024 bytes en cero
```

Mutabilidad

Para modificar un array, debe ser mutable con `mut` .

```rust
let mut numeros = [1, 2, 3, 4];

println!("{:?}", numeros);  // Antes: [1, 2, 3, 4]

numeros[2] = 99;  // modificamos el valor 3 por 99

println!("{:?}", numeros);  // Después: [1, 2, 99, 4]
```

No puedes cambiar el tamaño, solo los valores:

```rust
let mut arr = [1, 2, 3];
// arr[3] = 4;  // Error: índice fuera de rango
```

Desestructuración

```rust
let numeros = [1, 2, 3, 4, 5];
```

```
// Desestructuración completa
let [a, b, c, d, e] = numeros;

println!("a={}, b={}, c={}, d={}, e={}", a, b, c, d, e);
// a=1, b=2, c=3, d=4, e=5
```

El número de variables debe coincidir con el tamaño del array.

Desestructuración parcial

Si no te interesan todos los valores, puedes usar `_` para ignorar:

```rust
let numeros = [10, 20, 30, 40];

let [primero, _, tercero, _] = numeros;

println!("Primero = {}, Tercero = {}", primero, tercero);
// Primero = 10, Tercero = 30
```

Rest pattern

Puedes tomar los primeros elementos y manejar el resto:

```rust
let numeros = [100, 200, 300, 400, 500];

// Ignorar el resto
let [x, y, ..] = numeros;
println!("x = {}, y = {}", x, y);

// Capturar el resto en una slice
let [a, b, rest @ ..] = numeros;
println!("a = {}, b = {}, resto = {:?}", a, b, rest);
```

Resultado:

```output
x = 100, y = 200
a = 100, b = 200, resto = [300, 400, 500]
```

También puedes capturar desde el final:

```rust
let nums = [1, 2, 3, 4, 5];
let [.., penultimo, ultimo] = nums;

println!("{}, {}", penultimo, ultimo);  // 4, 5
```

Comparaciones

Puedes comparar arrays directamente si sus elementos implementan `PartialEq` o `Ord`.

```rust
let a = [1, 2, 3];
```

```
let b = [1, 2, 3];
let c = [1, 2, 4];

println!("{}", a == b);  // true
println!("{}", a != c);  // true
println!("{}", a < c);   // true (comparación lexicográfica)
```

La comparación es elemento por elemento, de izquierda a derecha.

Copia y movimiento

Los arrays se copian completamente si contienen tipos que implementan el trait `Copy` como enteros, booleanos o caracteres.

```Rust
let a = [1, 2, 3];
let b = a;  // copia completa del array

println!("{:?}", a);  // válido, no se mueve
println!("{:?}", b);  // [1, 2, 3]
```

Esto ocurre porque los arrays de tamaño fijo están en el stack y son baratos de copiar.

Arrays con tipos que no implementan Copy

```Rust
let a = [String::from("Hola"), String::from("Mundo")];
// let b = a;  //Error: String no implementa Copy

// Solución: clonar explícitamente
let b = a.clone();
```

Arrays multidimensionales

```Rust
let matriz: [[i32; 3]; 2] = [
    [1, 2, 3],
    [4, 5, 6],
];

println!("Elemento fila 0, col 1: {}", matriz[0][1]);  // 2
println!("Elemento fila 1, col 2: {}", matriz[1][2]);  // 6
```

Se lee de derecha a izquierda: `[[i32; 3]; 2]` = array de 2 filas, cada fila con 3 elementos `i32`.

Arrays 3D:

```Rust
let cubo: [[[i32; 2]; 2]; 2] = [
    [[1, 2], [3, 4]],
    [[5, 6], [7, 8]],
];

println!("{}", cubo[1][0][1]);  // 6
```

Métodos útiles

```rust
let arr = [5, 10, 15, 20];

println!("Longitud: {}", arr.len());          // 4
println!("Está vacío? {}", arr.is_empty());   // false
println!("Primer elemento: {:?}", arr.first());  // Some(5)
println!("Último elemento: {:?}", arr.last());   // Some(20)
```

Resultado:

```
Longitud: 4
Está vacío? false
Primer elemento: Some(5)
Último elemento: Some(20)
```

Métodos adicionales útiles

```rust
let arr = [1, 2, 3, 4, 5];

// Verificar si contiene un valor
println!("{}", arr.contains(&3));  // true


// Obtener slice
let slice = &arr[1..4];
println!("{:?}", slice);  // [2, 3, 4]
```

Conversión entre tuplas y arrays

De tupla a array

```rust
let tupla: (u32, u32, u32) = (1, 2, 3);
let array: [u32; 3] = tupla.into();

println!("{:?}", array);  // [1, 2, 3]
```

Esto solo funciona para tuplas con elementos del mismo tipo.

De array a tupla

```rust
let array = [1, 2, 3];
let tupla = (array[0], array[1], array[2]);

println!("{:?}", tupla);  // (1, 2, 3)
```

Límite práctico de tamaño

Aunque técnicamente no hay límite de tamaño para arrays, hay consideraciones prácticas:

- Arrays muy grandes (>10,000 elementos) pueden causar stack overflow

- Para colecciones grandes o dinámicas, usa `Vec<T>` que vive en el heap

```rust
// ✓ Bien para arrays pequeños
let pequeno = [0; 100];

// Riesgoso para arrays grandes en el stack
// let enorme = [0; 1_000_000];  // Puede causar stack overflow

// Mejor usar Vec para colecciones grandes
let grande = vec![0; 1_000_000];
```

Collections

A diferencia de los tipos de datos escalares y compuestos, cuyos tamaños son conocidos en tiempo de compilación y que se almacenan generalmente en el stack, las colecciones de Rust están diseñadas para manejar datos de tamaño dinámico y utilizan memoria asignada en el heap.

Una colección es una estructura de datos capaz de almacenar múltiples valores, pero, a diferencia de los arrays o las tuplas, su contenido puede crecer o reducirse dinámicamente durante la ejecución del programa. Esto permite trabajar con cantidades de datos que no se conocen de antemano, como entradas de usuario, resultados de cálculos, datos provenientes de archivos o redes.

Vectores

Un vector en Rust, representado por el tipo `Vec<T>`, es una colección dinámica que permite almacenar una cantidad variable de valores del mismo tipo en una secuencia contigua de memoria. A diferencia de los arrays, cuyo tamaño es fijo y debe conocerse en tiempo de compilación, los vectores pueden crecer o reducirse durante la ejecución del programa.

Creación de vectores

1. Usando la macro `vec![]`

```rust
let v = vec![1, 2, 3, 4];
println!("{:?}", v);  // [1, 2, 3, 4]
```

2. Creación explícita con `Vec::new()`

```rust
let mut v: Vec<i32> = Vec::new();
```

3. Vector con elementos repetidos

```rust
let v = vec![0; 5];  // [0, 0, 0, 0, 0]
println!("{:?}", v);
```

4. Vector a partir de otro vector

```rust
let v1 = vec![1, 2, 3, 4, 5];
let v2 = v1.clone();  // crea una copia exacta

println!("{:?}", v1);  // [1, 2, 3, 4, 5]
println!("{:?}", v2);  // [1, 2, 3, 4, 5]
```

5. Vector a partir de un iterador

```rust
let v: Vec<i32> = (0..5).collect();
println!("{:?}", v);  // [0, 1, 2, 3, 4]
```

6. Vector con capacidad reservada

```rust
let mut v = Vec::with_capacity(10);
println!("len: {}, cap: {}", v.len(), v.capacity());
// len: 0, cap: 10
```

Rust reservará espacio en memoria desde el comienzo, evitando realocaciones posteriores.

7. Vector a partir de un array

```rust
let arr = [1, 2, 3];
let v1 = arr.to_vec();
let v2 = Vec::from([1, 2, 3]);

println!("{:?}", v1);  // [1, 2, 3]
println!("{:?}", v2);  // [1, 2, 3]
```

Acceso a elementos

Cuando accedes a un índice en un vector, puedes hacerlo de dos maneras:

1. Usando índice directo `[]`

```rust
let v = vec![10, 20, 30];
       //    0,  1,  2

println!("Primer elemento: {}", v[0]);   // 10
println!("Segundo elemento: {}", v[1]);  // 20
```

Si accedes a un índice fuera de rango, el programa entra en `panic` en tiempo de ejecución:

```rust
let v = vec![10, 20, 30];
// let x = v[5];  // panic: index out of bounds
```

2. Usando `get()` (recomendado para acceso seguro)

Con `.get()` es más seguro ya que retorna un `Option`:

```rust
let v = vec![10, 20, 30];

match v.get(1) {
    Some(valor) => println!("Valor: {}", valor),  // Valor: 20
    None => println!("Índice fuera de rango"),
}

println!("{:?}", v.get(5));  // None
```

3. Primera y última posición

```rust
let v = vec![10, 20, 30, 40];

println!("{:?}", v.first());  // Some(10)
println!("{:?}", v.last());   // Some(40)
```

Ambos retornan `Option<&T>`.

Mutabilidad

Los vectores pueden modificarse si se declaran con `mut`:

```rust
let mut v = vec![10, 20, 30];

v[1] = 50;  // cambia 20 => 50

println!("{:?}", v);  // [10, 50, 30]
```

También puedes obtener referencias mutables:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3];

if let Some(primer) = v.first_mut() {
    *primer = 100;
}

println!("{:?}", v);  // [100, 2, 3]
```

Agregar elementos

1. Agregar al final con `push()`

```rust
let mut v = vec![1, 2];

v.push(3);
v.push(4);

println!("{:?}", v);  // [1, 2, 3, 4]
```

2. Agregar múltiples elementos con `extend()`

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3];

v.extend([4, 5, 6]);

println!("{:?}", v);  // [1, 2, 3, 4, 5, 6]
```

3. Mover todos los elementos de otro vector con `append()`

```rust
let mut vec1 = vec![1, 2, 3];
let mut vec2 = vec![4, 5, 6];

vec1.append(&mut vec2);

println!("{:?}", vec1);  // [1, 2, 3, 4, 5, 6]
println!("{:?}", vec2);  // [] (quedó vacío)
```

`append()` mueve todos los elementos, dejando el segundo vector vacío.

4. Cambiar tamaño con `resize()`

```rust
let mut v = vec!["hola"];

v.resize(3, "mundo");

println!("{:?}", v);  // ["hola", "mundo", "mundo"]
```

Si el nuevo tamaño es menor, trunca el vector:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

v.resize(2, 0);

println!("{:?}", v);  // [1, 2]
```

Insertar elementos

Insertar en una posición específica con `insert()`:

```rust
let mut v = vec![10, 20, 30, 40, 50];
         //      0,  1,  2,  3,  4

v.insert(2, 25);  // inserta 25 en índice 2

println!("{:?}", v);  // [10, 20, 25, 30, 40, 50]
```

⚠ `insert()` desplaza todos los elementos siguientes, por lo que es una operación O(n).

Eliminar elementos

1. Eliminar por índice con `remove()`

```rust
let mut v = vec![10, 20, 30, 40];

let eliminado = v.remove(1);  // elimina el elemento en índice 1

println!("Eliminado: {}", eliminado);  // 20
println!("{:?}", v);  // [10, 30, 40]
```

2. Eliminar el último elemento con `pop()`

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3];

let ultimo = v.pop();  // retorna Option<T>

println!("{:?}", ultimo);  // Some(3)
println!("{:?}", v);       // [1, 2]
```

Si el vector está vacío, `pop()` retorna `None`:

```rust
let mut v: Vec<i32> = vec![];
println!("{:?}", v.pop());  // None
```

3. Eliminar un rango con `drain()`

```rust
let mut v = vec![10, 20, 30, 40, 50];
         //      0,  1,  2,  3,  4

let drenado: Vec<i32> = v.drain(1..4).collect();

println!("Drenado: {:?}", drenado);  // [20, 30, 40]
println!("Vector: {:?}", v);          // [10, 50]
```

`drain()` retorna un iterador con los elementos eliminados.

4. Vaciar todo el vector con `clear()`

```rust
let mut v = vec![10, 20, 30];

v.clear();  // elimina todos los elementos

println!("{:?}", v);              // []
println!("Longitud: {}", v.len()); // 0
```

La capacidad se mantiene:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];
println!("Capacidad antes: {}", v.capacity());

v.clear();
println!("Capacidad después: {}", v.capacity());  // misma capacidad
```

5. Acortar con `truncate()`

Mantiene los primeros n elementos y elimina el resto:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

v.truncate(2);
```

```
println!("{:?}", v);  // [1, 2]
```

Para vaciar todo:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3];

v.truncate(0);

println!("{:?}", v);  // []
```

6. Eliminar con reemplazo `swap_remove()`

El elemento eliminado se reemplaza por el último elemento del vector (más eficiente pero no mantiene el orden):

```rust
let mut v = vec!["foo", "bar", "baz", "qux"];

let eliminado = v.swap_remove(1);  // elimina "bar"

println!("Eliminado: {}", eliminado);  // bar
println!("{:?}", v);  // ["foo", "qux", "baz"]
```

Ventaja: O(1) en lugar de O(n).

7. Eliminar elementos que cumplen condición con `retain()`

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5, 6];

v.retain(|&x| x % 2 == 0);  // mantener solo pares

println!("{:?}", v);  // [2, 4, 6]
```

8. Eliminar duplicados consecutivos con `dedup()`

```rust
let mut v = vec![1, 2, 2, 3, 3, 3, 4];

v.dedup();

println!("{:?}", v);  // [1, 2, 3, 4]
```

Para eliminar todos los duplicados (no solo consecutivos), primero ordena:

```rust
let mut v = vec![3, 1, 2, 1, 3, 2];

v.sort();
v.dedup();

println!("{:?}", v);  // [1, 2, 3]
```

Intercambio y manipulación

1. Intercambiar elementos con `swap()`

```rust
let mut v = vec!["a", "b", "c", "d", "e"];

v.swap(1, 3);  // intercambia índices 1 y 3

println!("{:?}", v);  // ["a", "d", "c", "b", "e"]
```

2. Invertir el vector con `reverse()`

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

v.reverse();

println!("{:?}", v);  // [5, 4, 3, 2, 1]
```

3. Rotar elementos

Rotar a la izquierda:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

v.rotate_left(2);

println!("{:?}", v);  // [3, 4, 5, 1, 2]
```

Rotar a la derecha:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

v.rotate_right(2);

println!("{:?}", v);  // [4, 5, 1, 2, 3]
```

4. Dividir el vector con `split_off()`

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

let segunda_parte = v.split_off(3);

println!("Primera parte: {:?}", v);  // [1, 2, 3]
println!("Segunda parte: {:?}", segunda_parte);  // [4, 5]
```

Longitud y capacidad

Rust distingue entre:

- `len()` : cantidad actual de elementos
- `capacity()` : espacio reservado en memoria

```rust
let mut v = Vec::with_capacity(10);
```

```
println!("len: {}, cap: {}", v.len(), v.capacity());
// len: 0, cap: 10

v.push(1);
v.push(2);

println!("len: {}, cap: {}", v.len(), v.capacity());
// len: 2, cap: 10
```

Cuando la capacidad se llena, el vector duplica automáticamente su espacio en memoria:

```rust
let mut v = Vec::with_capacity(2);

v.push(1);
v.push(2);
println!("cap: {}", v.capacity());  // 2

v.push(3);  // se queda sin espacio, realocar
println!("cap: {}", v.capacity());  // 4 (duplicado)
```

Métodos relacionados con capacidad:

```rust
let mut v = vec![1, 2, 3];

// Reservar más capacidad
v.reserve(10);
println!("cap: {}", v.capacity());  // al menos 13

// Reducir capacidad al mínimo necesario
v.shrink_to_fit();
println!("cap: {}", v.capacity());  // 3

// Reservar exactamente n elementos adicionales
v.reserve_exact(5);
println!("cap: {}", v.capacity());  // 8
```

Copia y movimiento

Los vectores NO implementan `Copy`, solo `Clone`.

Al asignarlos, se mueven, no se copian automáticamente:

```rust
let v1 = vec![1, 2, 3];
let v2 = v1;  // v1 se mueve a v2

// println!("{:?}", v1);  // ✗ Error: valor movido
println!("{:?}", v2);     // ✓ [1, 2, 3]
```

Para mantener ambos, usa `clone()` :

```rust
let v1 = vec![1, 2, 3];
let v2 = v1.clone();  // copia explícita

println!("{:?}", v1);  // [1, 2, 3]
println!("{:?}", v2);  // [1, 2, 3]
```

Comparaciones

Puedes comparar vectores si sus elementos implementan `PartialEq` o `Ord` :

```rust
let a = vec![1, 2, 3];
let b = vec![1, 2, 3];
let c = vec![1, 2, 4];

println!("{}", a == b);  // true
println!("{}", a != c);  // true
println!("{}", a < c);   // true (comparación lexicográfica)
```

La comparación es elemento por elemento, de izquierda a derecha.

Ordenamiento

1. Ordenar con `sort()`

```rust
let mut v = vec![3, 1, 4, 1, 5];

v.sort();

println!("{:?}", v);  // [1, 1, 3, 4, 5]
```

2. Ordenar de mayor a menor

```rust
let mut v = vec![3, 1, 4, 1, 5];

v.sort_by(|a, b| b.cmp(a));

println!("{:?}", v);  // [5, 4, 3, 1, 1]
```

3. Ordenar con función personalizada `sort_by_key()`

```rust
let mut personas = vec![
    ("Ana", 25),
    ("Luis", 30),
    ("Pedro", 20),
];

personas.sort_by_key(|persona| persona.1);  // ordenar por edad
```

```
println!("{:?}", personas);
// [("Pedro", 20), ("Ana", 25), ("Luis", 30)]
```

4. Ordenamiento inestable (más rápido) `sort_unstable()`

```rust
let mut v = vec![3, 1, 4, 1, 5];

v.sort_unstable();  // más rápido pero no preserva orden de elementos iguales

println!("{:?}", v);  // [1, 1, 3, 4, 5]
```

Búsqueda

1. Verificar si contiene un elemento con `contains()`

```rust
let v = vec![10, 20, 30, 40];

println!("{}", v.contains(&20));  // true
println!("{}", v.contains(&99));  // false
```

2. Buscar posición con `iter().position()`

```rust
let v = vec![10, 20, 30, 40];

if let Some(pos) = v.iter().position(|&x| x == 30) {
    println!("Encontrado en índice: {}", pos);  // 2
}
```

3. Búsqueda binaria `binary_search()` (requiere vector ordenado)

```rust
let v = vec![1, 3, 5, 7, 9];

match v.binary_search(&5) {
    Ok(pos) => println!("Encontrado en: {}", pos),  // 2
    Err(_) => println!("No encontrado"),
}
```

Vectores multidimensionales

Puedes crear vectores dentro de otros vectores (matrices dinámicas):

```rust
let matriz = vec![
    vec![1, 2, 3],
    vec![4, 5, 6],
    vec![7, 8, 9],
];

println!("{}", matriz[0][1]);  // 2
```

```
println!("{}", matriz[1][2]);  // 6
println!("{}", matriz[2][0]);  // 7
```

Crear una matriz de tamaño dinámico:

```Rust
let filas = 3;
let columnas = 4;
let mut matriz = vec![vec![0; columnas]; filas];

matriz[1][2] = 99;

println!("{:?}", matriz);
// [[0, 0, 0, 0], [0, 0, 99, 0], [0, 0, 0, 0]]
```

Métodos de concatenación

1. Concatenar slices con `concat()`

```Rust
let partes = vec!["Hola", "Mundo"];
let resultado = partes.concat();

println!("{}", resultado);  // HolaMundo
```

2. Unir con separador usando `join()`

```Rust
let palabras = vec!["Hola", "desde", "Rust"];
let frase = palabras.join(" ");

println!("{}", frase);  // Hola desde Rust
```

```Rust
let numeros = vec!["1", "2", "3", "4"];
let resultado = numeros.join("-");

println!("{}", resultado);  // 1-2-3-4
```

Métodos de verificación

```Rust
let v = vec![1, 2, 3, 4, 5];

// Verificar si está vacío
println!("{}", v.is_empty());  // false

// Verificar si comienza con una secuencia
println!("{}", v.starts_with(&[1, 2]));  // true

// Verificar si termina con una secuencia
println!("{}", v.ends_with(&[4, 5]));  // true
```

Repetir vector

```rust
let v = vec![1, 2];
let repetido = v.repeat(3);

println!("{:?}", repetido);  // [1, 2, 1, 2, 1, 2]
```

Conversión entre tipos

De vector a array (tamaño conocido)

```rust
let v = vec![1, 2, 3, 4];
let arr: [i32; 4] = v.try_into().unwrap();

println!("{:?}", arr);  // [1, 2, 3, 4]
```

De vector a slice

```rust
let v = vec![1, 2, 3, 4, 5];
let slice: &[i32] = &v[1..4];

println!("{:?}", slice);  // [2, 3, 4]
```

Strings

En Rust, trabajar con texto implica conocer dos tipos principales: `String` y `&str`.

`String` es un tipo dinámico, mutable y con propiedad, que vive en el heap.

`&str` es una referencia inmutable a una secuencia de caracteres UTF-8, generalmente llamada "string slice".

Características de `String`:
- Tamaño dinámico
- Almacenado en el heap
- Ownership
- Codificación UTF-8 válida garantizada
- Es básicamente un `Vec<u8>` con garantía de UTF-8

Características de `&str`:
- Tamaño fijo
- Inmutable
- Puede vivir en el stack, heap o en el binario
- No tiene propiedad (es una referencia)
- También es UTF-8

Creación de Strings

1. String literal: `type &str`

```rust
let s = "Hola Mundo";  // tipo: &str
println!("{}", s);
```

Los string literals están en el binario y viven durante todo el programa.

2. Crear `String` desde un literal

```rust
let s1 = String::from("Hola");
let s2 = "Hola".to_string();
let s3 = "Hola".to_owned();

println!("{}, {}, {}", s1, s2, s3);
```

Todas estas formas crean un `String` en el heap.

3. String vacío

```rust
let mut s = String::new();
println!("Vacío: '{}'", s);  // ''
println!("Longitud: {}", s.len());  // 0
```

4. String con capacidad reservada

```rust
let mut s = String::with_capacity(10);
println!("len: {}, cap: {}", s.len(), s.capacity());
// len: 0, cap: 10
```

5. String desde bytes

```rust
let bytes = vec![72, 111, 108, 97];  // "Hola" en UTF-8
let s = String::from_utf8(bytes).unwrap();

println!("{}", s);  // Hola
```

6. String repetido

```rust
let s = "Rust".repeat(3);
println!("{}", s);  // RustRustRust
```

Diferencia entre String y &str

```rust
fn main() {
    let s1: String = String::from("Hola");  // owned, heap
    let s2: &str = "Mundo";                 // borrowed, puede estar en binario

    println!("{} {}", s1, s2);
}
```

Conversión entre String y &str:

```rust
// De String a &str (fácil, solo tomar prestado)
let s = String::from("Hola");
let slice: &str = &s;
let slice2: &str = s.as_str();

// De &str a String (requiere asignación)
```

```rust
let literal = "Hola";
let owned = literal.to_string();
let owned2 = String::from(literal);
```

Longitud y capacidad

```rust
let mut s = String::with_capacity(10);

println!("len: {}, cap: {}", s.len(), s.capacity());
// len: 0, cap: 10

s.push_str("Hola");

println!("len: {}, cap: {}", s.len(), s.capacity());
// len: 4, cap: 10
```

`len()` retorna el número de bytes, no el número de caracteres:

```rust
let s = String::from("Hola");
println!("Bytes: {}", s.len());  // 4

let s = String::from("Hölä");
println!("Bytes: {}", s.len());  // 6 (ö y ä usan 2 bytes cada uno)
```

Para contar caracteres:

```rust
let s = "Hölä";
println!("Caracteres: {}", s.chars().count());  // 4
```

Agregar contenido

1. Agregar un string con `push_str()`

```rust
let mut s = String::from("Hola");

s.push_str(" Mundo");

println!("{}", s);  // Hola Mundo
```

2. Agregar un carácter con `push()`

```rust
let mut s = String::from("Hol");

s.push('a');
s.push('!');

println!("{}", s);  // Hola!
```

3. Concatenar con `+`

```rust
let s1 = String::from("Hola");
let s2 = String::from(" Mundo");

let s3 = s1 + &s2;  // s1 se mueve, s2 se presta

// println!("{}", s1);  // Error: s1 fue movido
println!("{}", s2);     // s2 sigue disponible
println!("{}", s3);     // Hola Mundo
```

El operador `+` mueve el primer operando y toma prestado el segundo.

4. Concatenar múltiples strings con `format!`

```rust
let s1 = String::from("Hola");
let s2 = String::from("Mundo");
let s3 = String::from("Rust");

let resultado = format!("{} {} {}", s1, s2, s3);

println!("{}", resultado);  // Hola Mundo Rust

// Todos siguen disponibles
println!("{}, {}, {}", s1, s2, s3);
```

`format!` no mueve ningún valor, solo toma prestado.

5. Insertar en una posición específica

```rust
let mut s = String::from("Hola Rust");

s.insert(5, 'a');  // inserta en índice de byte 5

println!("{}", s);  // Holaa Rust
```

```rust
let mut s = String::from("Hola");

s.insert_str(4, " Mundo");

println!("{}", s);  // Hola Mundo
```

Los índices son posiciones de bytes, no de caracteres.

Acceso a caracteres

No puedes acceder directamente por índice:

```rust
let s = String::from("Hola");
// let c = s[0];  // Error: String no soporta indexación
```

Usa `chars()` para acceder:

```rust
let s = String::from("Hola");

// Obtener el primer carácter
if let Some(primero) = s.chars().nth(0) {
    println!("Primer carácter: {}", primero);  // H
}

// Recorrer todos los caracteres
for c in s.chars() {
    println!("{}", c);
}
```

Acceder a bytes (no recomendado para texto)

```rust
let s = String::from("Hola");

for byte in s.bytes() {
    println!("{}", byte);
}
// 72, 111, 108, 97
```

Slicing de strings

Puedes obtener slices usando rangos de bytes:

```rust
let s = String::from("Hola Mundo");

let hola = &s[0..4];   // "Hola"
let mundo = &s[5..10]; // "Mundo"

println!("{}", hola);
println!("{}", mundo);
```

Cuidado con caracteres multi-byte:

```rust
let s = "Hölä";

// let slice = &s[0..2];  // Panic: corta en medio de 'ö'
let slice = &s[0..3];     // "Hö" (ö usa 2 bytes)

println!("{}", slice);
```

Para slicing seguro, verifica límites de caracteres:

```rust
let s = "Hölä Mundo";

if s.is_char_boundary(3) {
    println!("{}", &s[0..3]);  // Hö
}
```

Métodos de verificación

```rust
let s = String::from("Hola Mundo");

// Verificar si está vacío
println!("{}", s.is_empty());  // false

// Verificar si empieza con...
println!("{}", s.starts_with("Hola"));  // true

// Verificar si termina con...
println!("{}", s.ends_with("Mundo"));  // true

// Verificar si contiene...
println!("{}", s.contains("la"));  // true

// Comparar (case insensitive)
let s1 = "HOLA";
let s2 = "hola";
println!("{}", s1.eq_ignore_ascii_case(s2));  // true
```

Búsqueda

1. Buscar primera ocurrencia con `find()`

```rust
let s = "Hola Mundo Hola";

if let Some(pos) = s.find("Mundo") {
    println!("Encontrado en posición: {}", pos);  // 5
}
```

2. Buscar última ocurrencia con `rfind()`

```rust
let s = "Hola Mundo Hola";

if let Some(pos) = s.rfind("Hola") {
    println!("Última ocurrencia en: {}", pos);  // 11
}
```

3. Buscar con patrón

```rust
let s = "Rust 2025";

if let Some(pos) = s.find(char::is_numeric) {
    println!("Primer dígito en posición: {}", pos);  // 5
}
```

4. Contar ocurrencias

```rust
let s = "Hola Mundo Hola Rust";
let count = s.matches("Hola").count();

println!("'Hola' aparece {} veces", count);  // 2
```

Dividir strings

1. Dividir por un delimitador con `split()`

```rust
let s = "Rust,Python,JavaScript";

for parte in s.split(',') {
    println!("{}", parte);
}
// Rust
// Python
// JavaScript
```

Recoger en un vector:

```rust
let s = "uno,dos,tres";
let partes: Vec<&str> = s.split(',').collect();

println!("{:?}", partes);  // ["uno", "dos", "tres"]
```

2. Dividir por espacios en blanco

```rust
let s = "Hola   Mundo  Rust";

let palabras: Vec<&str> = s.split_whitespace().collect();

println!("{:?}", palabras);  // ["Hola", "Mundo", "Rust"]
```

3. Dividir en líneas

```rust
let texto = "Primera línea\nSegunda línea\nTercera línea";

for linea in texto.lines() {
    println!("{}", linea);
}
```

4. Dividir en n partes con `splitn()`

```rust
let s = "uno:dos:tres:cuatro";

let partes: Vec<&str> = s.splitn(2, ':').collect();

println!("{:?}", partes);  // ["uno", "dos:tres:cuatro"]
```

5. Dividir desde el final con `rsplit()`

```rust
let s = "uno,dos,tres";

for parte in s.rsplit(',') {
    println!("{}", parte);
}
// tres
// dos
// uno
```

Reemplazar contenido

1. Reemplazar todas las ocurrencias con `replace()`

```rust
let s = "Hola Mundo Hola";

let nuevo = s.replace("Hola", "Adiós");

println!("{}", nuevo);  // Adiós Mundo Adiós
```

2. Reemplazar n ocurrencias con `replacen()`

```rust
let s = "Hola Hola Hola";

let nuevo = s.replacen("Hola", "Hey", 2);

println!("{}", nuevo);  // Hey Hey Hola
```

3. Reemplazar un rango

```rust
let mut s = String::from("Hola Mundo");

s.replace_range(5..10, "Rust");

println!("{}", s);  // Hola Rust
```

⚠ `replace_range()` modifica el String original (requiere `mut`).

Eliminar contenido

1. Eliminar el último carácter con `pop()`

```rust
let mut s = String::from("Hola!");

let ultimo = s.pop();

println!("{:?}", ultimo);  // Some('!')
println!("{}", s);          // Hola
```

2. Eliminar un carácter en posición específica con `remove()`

```rust
let mut s = String::from("Hola");

let eliminado = s.remove(1);

println!("Eliminado: {}", eliminado);  // o
println!("String: {}", s);              // Hla
```

⚠ Índice debe ser un límite de carácter válido.

3. Eliminar un rango con `drain()`

```rust
let mut s = String::from("Hola Mundo");

let drenado: String = s.drain(5..10).collect();

println!("Drenado: {}", drenado);  // Mundo
println!("String: {}", s);          // Hola
```

4. Eliminar caracteres del final con `truncate()`

```rust
let mut s = String::from("Hola Mundo");

s.truncate(4);

println!("{}", s);  // Hola
```

5. Vaciar completamente con `clear()`

```rust
let mut s = String::from("Hola Mundo");

s.clear();

println!("Vacío: '{}'", s);  // ''
println!("Longitud: {}", s.len());  // 0
```

Transformaciones

1. Convertir a mayúsculas

```rust
let s = "hola mundo";

let mayus = s.to_uppercase();

println!("{}", mayus);  // HOLA MUNDO
```

2. Convertir a minúsculas

```rust
let s = "HOLA MUNDO";

let minus = s.to_lowercase();
```

```
println!("{}", minus);  // hola mundo
```

3. Eliminar espacios al inicio y final con `trim()`

```rust
let s = "   Hola Mundo   ";

let limpio = s.trim();

println!("'{}'", limpio);  // 'Hola Mundo'
```

4. Eliminar espacios solo al inicio con `trim_start()`

```rust
let s = "   Hola Mundo   ";

let limpio = s.trim_start();

println!("'{}'", limpio);  // 'Hola Mundo   '
```

5. Eliminar espacios solo al final con `trim_end()`

```rust
let s = "   Hola Mundo   ";

let limpio = s.trim_end();

println!("'{}'", limpio);  // '   Hola Mundo'
```

6. Eliminar caracteres específicos con `trim_matches()`

```rust
let s = "###Hola###";

let limpio = s.trim_matches('#');

println!("{}", limpio);  // Hola
```

```rust
let s = "123Hola456";

let limpio = s.trim_matches(char::is_numeric);

println!("{}", limpio);  // Hola
```

Parseo de strings

1. Convertir string a número

```rust
let s = "42";

let num: i32 = s.parse().unwrap();
```

```
println!("{}", num + 10);  // 52
```

Con manejo de errores:

```rust
let s = "42";

match s.parse::<i32>() {
    Ok(num) => println!("Número: {}", num),
    Err(e) => println!("Error: {}", e),
}
```

2. Convertir número a string

```rust
let num = 42;

let s1 = num.to_string();
let s2 = format!("{}", num);

println!("{}, {}", s1, s2);  // 42, 42
```

Repetir strings

```rust
let s = "Rust";

let repetido = s.repeat(3);

println!("{}", repetido);  // RustRustRust
```

```rust
let linea = "-".repeat(50);
println!("{}", linea);
// --------------------------------------------------
```

Comparaciones

```rust
let s1 = "Hola";
let s2 = "Hola";
let s3 = "Mundo";

println!("{}", s1 == s2);  // true
println!("{}", s1 != s3);  // true
println!("{}", s1 < s3);   // true (orden lexicográfico)
```

Comparación case-insensitive:

```rust
let s1 = "HOLA";
let s2 = "hola";

println!("{}", s1.eq_ignore_ascii_case(s2));  // true
```

Concatenar múltiples strings

1. Usando `format!` (recomendado)

```rust
let nombre = "Ana";
let edad = 25;

let mensaje = format!("Me llamo {} y tengo {} años", nombre, edad);

println!("{}", mensaje);
```

2. Usando el método `join()` para slices

```rust
let palabras = vec!["Hola", "desde", "Rust"];

let frase = palabras.join(" ");

println!("{}", frase);  // Hola desde Rust
```

3. Concatenar con `+` múltiples veces (no recomendado)

```rust
let s1 = String::from("Hola");
let s2 = String::from(" Mundo");
let s3 = String::from(" Rust");

let resultado = s1 + &s2 + &s3;

println!("{}", resultado);  // Hola Mundo Rust
```

Capacidad y optimización

```rust
let mut s = String::with_capacity(10);

println!("cap: {}", s.capacity());  // 10

s.push_str("Hola");

println!("len: {}, cap: {}", s.len(), s.capacity());
// len: 4, cap: 10
```

Reservar más capacidad:

```rust
let mut s = String::from("Hola");

s.reserve(10);  // reserva al menos 10 bytes adicionales

println!("cap: {}", s.capacity());
```

Reducir capacidad al mínimo:

```rust
let mut s = String::with_capacity(100);

s.push_str("Hola");

s.shrink_to_fit();

println!("cap después: {}", s.capacity());  // ≈4
```

Reservar exactamente:

```rust
let mut s = String::new();

s.reserve_exact(10);

println!("cap: {}", s.capacity());  // exactamente 10
```

Validación UTF-8

Rust garantiza que todo `String` es UTF-8 válido:

```rust
let bytes = vec![72, 111, 108, 97];  // "Hola"

let s = String::from_utf8(bytes).unwrap();

println!("{}", s);  // Hola
```

Con bytes inválidos:

```rust
let bytes = vec![0, 159, 146, 150];  // UTF-8 inválido

match String::from_utf8(bytes) {
    Ok(s) => println!("{}", s),
    Err(e) => println!("Error: {}", e),
}
```

Para strings con UTF-8 inválido, usa `from_utf8_lossy()`:

```rust
let bytes = vec![72, 111, 255, 108, 97];

let s = String::from_utf8_lossy(&bytes);

println!("{}", s);  // Ho�la (� reemplaza bytes inválidos)
```

Strings multilínea

```rust
let poema = "
    Roses are red,
    Violets are blue,
    Rust is awesome,
```

```
    And so are you!
";

println!("{}", poema);
```

Sin espacios al inicio:

```Rust
let texto = "\
Primera línea
Segunda línea
Tercera línea
";

println!("{}", texto);
```

Secuencias de escape

```Rust
let s = "Primera línea\nSegunda línea";
println!("{}", s);

let s = "Tab\taqui";
println!("{}", s);

let s = "Comillas: \"Hola\"";
println!("{}", s);

let s = "Backslash: \\";
println!("{}", s);

// Unicode
let s = "Corazón: \u{2764}";
println!("{}", s);  // Corazón: ❤
```

Raw strings

Para strings literales sin procesar secuencias de escape:

```Rust
let s = r"C:\Users\nombre\Documents";
println!("{}", s);  // C:\Users\nombre\Documents
```

Con comillas:

```Rust
let s = r#"Él dijo: "Hola Mundo""#;
println!("{}", s);
```

Con múltiples `#`:

```Rust
let s = r##"Este string tiene "comillas" y #hashtags"##;
println!("{}", s);
```

Copia y movimiento

`String` NO implementa `Copy`, solo `Clone`:

```rust
let s1 = String::from("Hola");
let s2 = s1;  // s1 se mueve

// println!("{}", s1);  // ✗ Error: valor movido
println!("{}", s2);     // ✓ Hola
```

Para copiar, usa `clone()`:

```rust
let s1 = String::from("Hola");
let s2 = s1.clone();

println!("{}", s1);  // Hola
println!("{}", s2);  // Hola
```

`&str` sí es `Copy`:

```rust
let s1 = "Hola";
let s2 = s1;

println!("{}", s1);  // ✓ Hola
println!("{}", s2);  // ✓ Hola
```

Cuándo usar String vs &str

Usa `String` cuando:
- Necesitas modificar el texto
- Necesitas propiedad del texto
- El tamaño cambiará dinámicamente
- Construyes strings en tiempo de ejecución

Usa `&str` cuando:
- El texto es de solo lectura
- Quieres prestar texto sin tomar propiedad
- Trabajas con string literals
- Pasas texto a funciones sin modificarlo

Ejemplo en funciones:

```rust
// Mejor: acepta &str (más flexible)
fn imprimir(texto: &str) {
    println!("{}", texto);
}

fn main() {
    let s1 = String::from("Hola");
    let s2 = "Mundo";
```

```
    imprimir(&s1);  // ✓ String → &str
    imprimir(s2);   // ✓ &str → &str
}
```

HashMap

En Rust, `HashMap<K, V>` es una colección que almacena pares clave-valor, donde cada clave es única y está asociada con un valor.

Es una estructura de datos fundamental para búsquedas rápidas por clave.

`HashMap` vive en el heap y debe importarse desde la biblioteca estándar:

```rust
use std::collections::HashMap;
```

Características principales:

- Almacena pares clave-valor `(K, V)`
- Cada clave es única (no hay claves duplicadas)
- Acceso rápido a valores por clave: O(1) en promedio
- No mantiene orden de inserción
- Las claves deben implementar `Eq` y `Hash`
- Tamaño dinámico (puede crecer)
- Vive en el heap

Creación de HashMap

1. HashMap vacío con `new()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa: HashMap<String, i32> = HashMap::new();

println!("{:?}", mapa);  // {}
```

Siempre necesitas `mut` para modificar un HashMap.

2. Usando `from()` con array de tuplas

```rust
use std::collections::HashMap;

let mapa = HashMap::from([
    ("Rust", 2015),
    ("Python", 1991),
    ("JavaScript", 1995),
]);

println!("{:?}", mapa);
```

3. Con capacidad reservada

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa: HashMap<String, i32> = HashMap::with_capacity(10);

println!("Capacidad: {}", mapa.capacity());  // al menos 10
```

4. Construir desde vectores

```rust
use std::collections::HashMap;

let claves = vec!["uno", "dos", "tres"];
let valores = vec![1, 2, 3];

let mut mapa = HashMap::new();

for (k, v) in claves.into_iter().zip(valores.into_iter()) {
    mapa.insert(k, v);
}

println!("{:?}", mapa);
```

Insertar elementos

1. Insertar con `insert()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut capitales = HashMap::new();

capitales.insert("Perú", "Lima");
capitales.insert("Chile", "Santiago");
capitales.insert("Argentina", "Buenos Aires");

println!("{:?}", capitales);
```

Si la clave ya existe, `insert()` reemplaza el valor anterior:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut puntos = HashMap::new();

puntos.insert("Ana", 10);
println!("{:?}", puntos);  // {"Ana": 10}

puntos.insert("Ana", 20);  // reemplaza 10 con 20
println!("{:?}", puntos);  // {"Ana": 20}
```

`insert()` retorna el valor anterior si existía:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let anterior = mapa.insert("clave", 1);
println!("{:?}", anterior);  // None

let anterior = mapa.insert("clave", 2);
println!("{:?}", anterior);  // Some(1)
```

Acceso a valores

1. Acceso con `get()` (recomendado)

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut puntos = HashMap::new();
puntos.insert("Ana", 10);
puntos.insert("Luis", 20);

match puntos.get("Ana") {
    Some(valor) => println!("Ana tiene {} puntos", valor),
    None => println!("Ana no encontrada"),
}
// Ana tiene 10 puntos
```

`get()` retorna `Option<&V>`:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("clave", 42);

let valor = mapa.get("clave");
println!("{:?}", valor);  // Some(42)

let valor = mapa.get("no_existe");
println!("{:?}", valor);  // None
```

2. Acceso con índice `[]` (puede causar panic)

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("clave", 42);

let valor = mapa["clave"];
println!("{}", valor);  // 42
```

```
// let x = mapa["no_existe"];  // ✗ panic: no entry found
```

⚠ Usar `[]` genera panic si la clave no existe. Prefiere `get()`.

3. Obtener valor o default con `get_or_insert()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let valor = mapa.entry("clave").or_insert(42);
println!("{}", valor);  // 42

let valor = mapa.entry("clave").or_insert(100);
println!("{}", valor);  // 42 (ya existía)
```

Verificar existencia

1. Verificar si existe una clave con `contains_key()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("Rust", 2015);

if mapa.contains_key("Rust") {
    println!("Rust existe en el mapa");
}

if !mapa.contains_key("Python") {
    println!("Python no existe en el mapa");
}
```

2. Verificar si está vacío con `is_empty()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa: HashMap<String, i32> = HashMap::new();

println!("¿Vacío? {}", mapa.is_empty());  // true

mapa.insert(String::from("clave"), 1);

println!("¿Vacío? {}", mapa.is_empty());  // false
```

Actualizar valores

1. Actualizar directamente con `insert()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut puntos = HashMap::new();

puntos.insert("Ana", 10);
puntos.insert("Ana", 20);  // actualiza

println!("{:?}", puntos);  // {"Ana": 20}
```

2. Actualizar solo si existe con `get_mut()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut puntos = HashMap::new();
puntos.insert("Ana", 10);

if let Some(valor) = puntos.get_mut("Ana") {
    *valor += 5;  // incrementa en 5
}

println!("{:?}", puntos);  // {"Ana": 15}
```

3. Insertar solo si no existe con `entry().or_insert()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut puntos = HashMap::new();

puntos.entry("Ana").or_insert(10);
println!("{:?}", puntos);  // {"Ana": 10}

puntos.entry("Ana").or_insert(20);  // no hace nada, ya existe
println!("{:?}", puntos);  // {"Ana": 10}
```

4. Actualizar basado en el valor anterior

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut contador = HashMap::new();

for palabra in vec!["hola", "mundo", "hola", "rust"] {
    let count = contador.entry(palabra).or_insert(0);
    *count += 1;
}

println!("{:?}", contador);
```

```
// {"hola": 2, "mundo": 1, "rust": 1}
```

5. Insertar con función si no existe con `or_insert_with()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

mapa.entry("clave").or_insert_with(|| {
    println!("Calculando valor...");
    42
});

println!("{:?}", mapa);  // {"clave": 42}
```

La función solo se ejecuta si la clave no existe.

Eliminar elementos

1. Eliminar con `remove()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("Rust", 2015);
mapa.insert("Python", 1991);

let eliminado = mapa.remove("Rust");
println!("{:?}", eliminado);  // Some(2015)

let no_existe = mapa.remove("Java");
println!("{:?}", no_existe);  // None

println!("{:?}", mapa);  // {"Python": 1991}
```

2. Eliminar y obtener par clave-valor con `remove_entry()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("Rust", 2015);

let eliminado = mapa.remove_entry("Rust");
println!("{:?}", eliminado);  // Some(("Rust", 2015))
```

3. Vaciar completamente con `clear()`

```rust
use std::collections::HashMap;
```

```rust
let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

println!("Antes: {:?}", mapa);  // {"a": 1, "b": 2}

mapa.clear();

println!("Después: {:?}", mapa);  // {}
println!("Longitud: {}", mapa.len());  // 0
```

4. Mantener solo elementos que cumplen condición con `retain()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);
mapa.insert("c", 3);
mapa.insert("d", 4);

mapa.retain(|_clave, valor| *valor % 2 == 0);

println!("{:?}", mapa);  // {"b": 2, "d": 4}
```

Longitud y capacidad

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::with_capacity(10);

println!("len: {}, cap: {}", mapa.len(), mapa.capacity());
// len: 0, cap: al menos 10

mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

println!("len: {}, cap: {}", mapa.len(), mapa.capacity());
// len: 2, cap: al menos 10
```

Reservar capacidad:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

mapa.reserve(100);  // reserva espacio para al menos 100 elementos
```

```
println!("Capacidad: {}", mapa.capacity());
```

Reducir capacidad al mínimo:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::with_capacity(100);
mapa.insert("a", 1);

mapa.shrink_to_fit();

println!("Capacidad reducida: {}", mapa.capacity());
```

Recorrer HashMap

1. Recorrer claves y valores

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("Rust", 2015);
mapa.insert("Python", 1991);
mapa.insert("JavaScript", 1995);

for (clave, valor) in &mapa {
    println!("{}: {}", clave, valor);
}
```

⚠ El orden NO está garantizado y puede cambiar.

2. Recorrer solo claves

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);
mapa.insert("c", 3);

for clave in mapa.keys() {
    println!("{}", clave);
}
```

3. Recorrer solo valores

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
```

```
mapa.insert("b", 2);
mapa.insert("c", 3);

for valor in mapa.values() {
    println!("{}", valor);
}
```

4. Recorrer valores mutables

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

for valor in mapa.values_mut() {
    *valor *= 2;
}

println!("{:?}", mapa);  // {"a": 2, "b": 4}
```

5. Consumir el HashMap

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

for (clave, valor) in mapa {  // sin &, consume el mapa
    println!("{}: {}", clave, valor);
}

// println!("{:?}", mapa);  // ✗ Error: mapa fue movido
```

Entry API

La Entry API es poderosa para manipular entradas de forma eficiente.

1. Obtener o insertar con `or_insert()`

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

mapa.entry("clave").or_insert(42);
mapa.entry("clave").or_insert(100);  // no hace nada

println!("{:?}", mapa);  // {"clave": 42}
```

2. Modificar entrada existente o insertar

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let valor = mapa.entry("contador").or_insert(0);
*valor += 1;

let valor = mapa.entry("contador").or_insert(0);
*valor += 1;

println!("{:?}", mapa);  // {"contador": 2}
```

3. Usar `and_modify()` antes de insertar

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 10);

mapa.entry("a")
    .and_modify(|v| *v += 5)
    .or_insert(1);

mapa.entry("b")
    .and_modify(|v| *v += 5)
    .or_insert(1);

println!("{:?}", mapa);  // {"a": 15, "b": 1}
```

4. Insertar con función solo si no existe

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

mapa.entry("clave").or_insert_with(|| {
    println!("Calculando...");
    42
});

mapa.entry("clave").or_insert_with(|| {
    println!("No se ejecuta");
    100
});

println!("{:?}", mapa);  // {"clave": 42}
```

```
// Solo imprime "Calculando..." una vez
```

Combinar HashMaps

1. Extender un HashMap con otro

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa1 = HashMap::new();
mapa1.insert("a", 1);
mapa1.insert("b", 2);

let mut mapa2 = HashMap::new();
mapa2.insert("c", 3);
mapa2.insert("d", 4);

mapa1.extend(mapa2);

println!("{:?}", mapa1);  // {"a": 1, "b": 2, "c": 3, "d": 4}
```

Si hay claves duplicadas, los valores del segundo HashMap reemplazan los del primero:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa1 = HashMap::new();
mapa1.insert("a", 1);

let mut mapa2 = HashMap::new();
mapa2.insert("a", 100);
mapa2.insert("b", 2);

mapa1.extend(mapa2);

println!("{:?}", mapa1);  // {"a": 100, "b": 2}
```

Tipos de claves

Las claves deben implementar `Eq` y `Hash`.

Tipos comunes que funcionan:

```rust
use std::collections::HashMap;

// Números
let mut mapa1: HashMap<i32, &str> = HashMap::new();
mapa1.insert(1, "uno");

// Strings
let mut mapa2: HashMap<String, i32> = HashMap::new();
```

```rust
mapa2.insert(String::from("clave"), 42);

// &str
let mut mapa3: HashMap<&str, i32> = HashMap::new();
mapa3.insert("clave", 42);

// Tuplas
let mut mapa4: HashMap<(i32, i32), &str> = HashMap::new();
mapa4.insert((0, 0), "origen");

// Chars
let mut mapa5: HashMap<char, i32> = HashMap::new();
mapa5.insert('a', 1);
```

✖ NO puedes usar tipos que no implementan `Eq` y `Hash`:

```rust
use std::collections::HashMap;

// ✗ f64 no implementa Eq (debido a NaN)
// let mut mapa: HashMap<f64, i32> = HashMap::new();

// ✗ Vec<T> implementa Hash pero no es recomendado
// let mut mapa: HashMap<Vec<i32>, i32> = HashMap::new();
```

Valores por defecto

Patrón común: contador de palabras

```rust
use std::collections::HashMap;

let texto = "hola mundo hola rust mundo hola";

let mut contador = HashMap::new();

for palabra in texto.split_whitespace() {
    let count = contador.entry(palabra).or_insert(0);
    *count += 1;
}

println!("{:?}", contador);
// {"hola": 3, "mundo": 2, "rust": 1}
```

Patrón: agrupar elementos

```rust
use std::collections::HashMap;

let datos = vec![("Ana", 25), ("Luis", 30), ("Ana", 28)];
```

```rust
let mut grupos: HashMap<&str, Vec<i32>> = HashMap::new();

for (nombre, edad) in datos {
    grupos.entry(nombre).or_insert(Vec::new()).push(edad);
}

println!("{:?}", grupos);
// {"Ana": [25, 28], "Luis": [30]}
```

Propiedad (Ownership)

Tipos que implementan Copy:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let clave = 1;
let valor = 10;

mapa.insert(clave, valor);

println!("clave: {}, valor: {}", clave, valor);  // ✓ siguen disponibles
```

Tipos que NO implementan Copy (como String):

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let clave = String::from("nombre");
let valor = String::from("Ana");

mapa.insert(clave, valor);

// println!("{}", clave);  // ✗ Error: clave fue movida
// println!("{}", valor);  // ✗ Error: valor fue movido
```

Para mantener las variables originales, clona o usa referencias:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let clave = String::from("nombre");
let valor = String::from("Ana");

mapa.insert(clave.clone(), valor.clone());
```

```
println!("clave: {}, valor: {}", clave, valor);  // ✓ funcionan
```

Usando referencias como claves:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();

let clave = String::from("nombre");
let valor = String::from("Ana");

mapa.insert(&clave, &valor);

println!("clave: {}, valor: {}", clave, valor);  // ✓ funcionan
```

⚠ Las referencias deben vivir tanto como el HashMap.

Comparar HashMaps

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa1 = HashMap::new();
mapa1.insert("a", 1);
mapa1.insert("b", 2);

let mut mapa2 = HashMap::new();
mapa2.insert("b", 2);
mapa2.insert("a", 1);

println!("{}", mapa1 == mapa2);  // true (orden no importa)

let mut mapa3 = HashMap::new();
mapa3.insert("a", 1);
mapa3.insert("b", 3);

println!("{}", mapa1 == mapa3);  // false
```

HashMap con structs personalizados

```rust
use std::collections::HashMap;

#[derive(Debug)]
struct Persona {
    nombre: String,
    edad: u32,
}
```

```rust
let mut personas = HashMap::new();

personas.insert(
    "001",
    Persona {
        nombre: String::from("Ana"),
        edad: 25,
    },
);

personas.insert(
    "002",
    Persona {
        nombre: String::from("Luis"),
        edad: 30,
    },
);

if let Some(persona) = personas.get("001") {
    println!("{:?}", persona);
}
```

Conversión a Vec

De HashMap a Vec de tuplas:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);
mapa.insert("c", 3);

let vec: Vec<(&str, i32)> = mapa.into_iter().collect();

println!("{:?}", vec);
// Orden no garantizado: [("a", 1), ("b", 2), ("c", 3)]
```

Solo claves a Vec:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

let claves: Vec<&str> = mapa.keys().copied().collect();
```

```
println!("{:?}", claves);
```

Solo valores a Vec:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

let valores: Vec<i32> = mapa.values().copied().collect();

println!("{:?}", valores);
```

Ordenar HashMap

HashMap NO mantiene orden. Para ordenar, convierte a Vec:

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa = HashMap::new();
mapa.insert("c", 3);
mapa.insert("a", 1);
mapa.insert("b", 2);

let mut items: Vec<_> = mapa.iter().collect();
items.sort_by_key(|&(k, _)| k);  // ordenar por clave

for (clave, valor) in items {
    println!("{}: {}", clave, valor);
}
// a: 1
// b: 2
// c: 3
```

Si necesitas mantener orden de inserción, usa `IndexMap` (requiere crate externo).

HashMap anidados

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut usuarios = HashMap::new();

let mut info_ana = HashMap::new();
info_ana.insert("edad", "25");
info_ana.insert("ciudad", "Lima");
```

```rust
let mut info_luis = HashMap::new();
info_luis.insert("edad", "30");
info_luis.insert("ciudad", "Bogotá");

usuarios.insert("Ana", info_ana);
usuarios.insert("Luis", info_luis);

if let Some(info) = usuarios.get("Ana") {
    if let Some(edad) = info.get("edad") {
        println!("Ana tiene {} años", edad);
    }
}
```

Clonar HashMap

```rust
use std::collections::HashMap;

let mut mapa1 = HashMap::new();
mapa1.insert("a", 1);
mapa1.insert("b", 2);

let mapa2 = mapa1.clone();

println!("{:?}", mapa1);  // {"a": 1, "b": 2}
println!("{:?}", mapa2);  // {"a": 1, "b": 2}
```

⚠ `clone()` hace una copia profunda, puede ser costoso para HashMaps grandes.

Cuándo usar HashMap vs otros tipos

Usa `HashMap<K, V>` cuando:
- Necesitas búsquedas rápidas por clave
- Las claves son únicas
- No importa el orden
- Necesitas insertar/eliminar dinámicamente

Usa `BTreeMap<K, V>` cuando:
- Necesitas claves ordenadas
- Necesitas encontrar rangos de claves
- Iteras en orden frecuentemente

Usa `Vec<(K, V)>` cuando:
- Tienes pocas entradas (< 10-20)
- Necesitas mantener orden de inserción
- Iteras más que buscas

Usa `Array/Tupla` cuando:
- El número de elementos es fijo y pequeño
- Conoces todas las "claves" en compilación

Resumen rápido

```rust
use std::collections::HashMap;

// Crear
let mut mapa = HashMap::new();
let mapa = HashMap::from([("a", 1), ("b", 2)]);

// Insertar
mapa.insert("clave", valor);
mapa.entry("clave").or_insert(valor);

// Acceder
mapa.get("clave");           // Option<&V>
mapa["clave"];               // V (panic si no existe)
mapa.contains_key("clave");  // bool

// Actualizar
mapa.get_mut("clave");
mapa.entry("clave").and_modify(|v| *v += 1);

// Eliminar
mapa.remove("clave");
mapa.clear();
mapa.retain(|k, v| condición);

// Información
mapa.len();
mapa.is_empty();
mapa.capacity();

// Recorrer
for (k, v) in &mapa { }
for k in mapa.keys() { }
for v in mapa.values() { }

// Combinar
mapa1.extend(mapa2);
```

Control flow

Control Flow

Introducción al flujo de control

El flujo de control es la forma en que un programa decide qué instrucciones ejecutar y en qué orden. Gracias a él, un programa puede tomar decisiones, repetir tareas o seleccionar diferentes caminos

según las condiciones que se presenten durante la ejecución. Sin control de flujo, un programa simplemente ejecutaría las instrucciones de arriba hacia abajo sin ninguna lógica adaptable.

Rust ofrece varias construcciones de control como: (if, loop, while, for y match) que permiten crear comportamientos dinámicos y seguros.

if Expressions

Las if expressions permiten tomar decisiones basadas en una condición lógica.

En Rust, if no es solo una estructura de control es una expresión, lo que significa que puede retornar un valor.

Sintaxis de un if expression:

```rust
if condicion {
    // rama verdadera
} else {
    // rama falsa
}
```

Ejemplo:

```rust
fn main() {
    let numero = 7;

    if numero > 5 {
        println!("El número es mayor que 5");
    } else {
        println!("El número es menor o igual a 5");
    }
}
```

if como expresión

Como if devuelve un valor, puedes asignarlo directamente a una variable:

```rust
let mensaje = if numero > 5 {
    "El numero 10 es mayor que 5"
} else {
    "El numero 10 es menor o igual a 5"
};

println!("{}", mensaje);  //El numero 10 es mayor que 5
```

If expressions anidados

También puedes encadenar múltiples condiciones:

```rust
let numero = 15;

let resultado:&str = if numero < 0 {

    "Negativo"
```

```
} else if numero == 0 {

    "Cero"

} else {
    "Positivo"
};
println!("{}", resultado); //Positivo
```

Tipos de retorno en if expressions

Regla importante en Rust:

Todas las ramas de un if deben devolver el mismo tipo.

```rust
let x:i32 = 5;
let y:i32 = if x > 0 { 1 } else { -1 }; // ambas ramas son i32
```

Esto seria un error:

```rust
let x = 5;
let y = if x > 0 { 1 } else { "menor o igual a cero" };
// Error: tipos distintos (i32 vs &str)
```

If con bloques de código

Las ramas pueden contener bloques completos.

El valor retornado es la última expresión del bloque:

```rust
let x = 2;

let res = if x % 2 == 0 {
    println!("Es par");

    "par"     // valor devuelto
} else {
    println!("Es impar");

    "impar"
};

println!("Resultado: {}", res);
```

if con shadowing

```rust
let edad = 20;

let edad = if edad >= 18 {
```

```
    "adulto"
} else {
    "menor"
};

println!("{}", edad);
```

if dentro de expresiones más grandes

if es 100% una expresión, no solo un control de flujo.

```rust
let mensaje = format!(
    "Estado: {}",
    if x > 0 { "positivo" } else { "no positivo" }
);

println!("{}", mensaje);
```

Operadores lógicos

Rust soporta los operadores lógicos más comunes:

- `&&` : AND lógico.
- `||` : OR lógico.
- `!` : NOT negación.

```rust
let x = false;
let y = true;

if x && (2 > 1) {
  println!("No se ejecuta");
}

if y || (2 < 1) {
  println!("Se ejecuta sin evaluar 2 < 1");
}

if !x {
  println!("!x = true");
}
```

Bucles

En Rust, un bucle es una estructura de control de flujo que permite ejecutar repetidamente un bloque de código, siguiendo reglas estrictas del sistema de tipos, la seguridad en memoria y el control explícito del flujo.

Rust separa los bucles porque cada uno expresa una intención distinta, y el compilador puede razonar mejor sobre el código.

Loops
Un loop permite ejecutar un bloque de código repetidamente mientras se cumpla una condición o hasta que se indique explícitamente que debe detenerse.

Sintaxis básica:

```rust
loop {
    // código que se repite
}
```

loop repite el código dentro de `{}` de manera infinita hasta que ocurra un break.

```rust
let mut contador = 0;

loop {
    contador += 1;
    println!("Contador: {}", contador);

    if contador == 5 {
        break; // salimos del loop
    }
}
```

Explicación del codigo:

1. `loop {`
   - Iniciamos un bucle infinito con `loop`.
   - Este bloque se repetirá hasta que lo detengamos con un `break`.
   - Cuando contador llega a 5, el bucle termina.

Resultado:

```output
Contador: 1
Contador: 2
Contador: 3
Contador: 4
Contador: 5
Fin del loop
```

loop con continue

'continue' permite saltar inmediatamente a la siguiente iteración del bucle.

```rust
let mut n = 0;

loop {
    n += 1;
```

```
    if n % 2 == 0 {
        continue; // saltamos los pares
    }

    println!("Número impar: {}", n);

    if n > 7 {
        break;
    }
}
```

1. • 'continue' hace que se ignore el resto del bloque y pase a la siguiente vuelta.
   • Por eso solo se imprimen los números impares.

Salida:

```
Número impar: 1
Número impar: 3
Número impar: 5
Número impar: 7
Número impar: 9
```
Output

loop como expresión

En Rust, casi todo es una expresión, incluyendo loop.

Puedes usar 'break' para devolver un valor.

```rust
fn main() {
    let mut contador = 0;

    let resultado = loop {
        contador += 1;

        if contador == 10 {
            break contador * 2; // devuelve 20
        }
    };

    println!("El resultado es {}", resultado);
}
```
Rust

Etiquetas en bucles 'label'

Un label en Rust es un identificador con nombre que se asocia a un bucle para referenciarlo explícitamente desde instrucciones como break o continue, lo que permite controlar explícitamente qué bucle se rompe o continúa, especialmente en bucles anidados.

Sintaxis básica:

```rust
'mi_bucle: loop {
    // ...
}
```

- Comienza con ‘'‘.
- Va antes del bucle.
- Puede tener cualquier nombre válido

Sin labels, break y continue solo afectan al bucle más interno.

Ejemplo sin label:

```rust
loop {
    loop {
        break; // rompe SOLO el loop interno
    }
}
```

Las etiquetas permiten controlar loops anidados indicando exactamente de cuál quieres salir o continuar.

Ejemplo con label:

```rust
fn main() {
    let numeros = vec![10, 20, 30, 40, 50];
    let mut indice = 0;

    'busqueda: loop {
        if indice >= numeros.len() {
            println!("Número no encontrado.");
            break 'busqueda;
        }

        let valor = numeros[indice];

        if valor == 30 {
            println!("¡Encontramos el número {} en la posición {}!", valor, indice);
            break 'busqueda;
        }

        indice += 1;
    }

    println!("Fin del programa.");
}
```

Explicación

- La etiqueta `'busqueda: loop` identifica este loop con un nombre.

- `break 'busqueda` permite salir específicamente de este bucle muy útil si hay loops dentro de loops.
- El programa busca el número 30 dentro del vector y rompe el bucle cuando lo encuentra.

Salida:

```
¡Encontramos el número 30 en la posición 2!
Fin del programa.
```
Output

Ejemplo de loops anidados:

Este ejemplo muestra por qué existen las etiquetas: para poder romper bucles externos desde dentro de bucles internos.

```rust
fn main() {
    let mut fila = 0;
    let mut columna = 0;

    'outer: loop {       // loop externo
        println!("Fila {}", fila);

        'inner: loop {   // loop interno
            println!("  Columna {}", columna);

            if columna == 2 {
                break 'outer; // rompemos el loop externo
            }

            columna += 1;
        }

        fila += 1;
    }

    println!("Fin del programa.");
}
```
Rust

Explicación:

- ‘outer es el loop externo.
- ‘inner es el loop interno.
- En lugar de romper solo el loop interno, usamos break ‘outer para salir directamente del externo.

Resultado esperado:

```
Fila 0
  Columna 0
  Columna 1
  Columna 2
```
Output

```
Fin del programa.
```

While

El bucle while repite un bloque de código mientras una condición booleana sea verdadera. Es útil cuando no sabes de antemano cuántas iteraciones habrá, pero sí tienes una condición que determina cuándo detenerte.

Sintaxis:

```rust
while condicion {
    // código que se ejecuta mientras condicion sea true
}
```

Ejemplo basico:

```rust
fn main() {
    let mut contador = 0;

    while contador < 5 {
        println!("contador = {}", contador);
        contador += 1; // importante: actualizar la condición en algún punto
    }
}
```

Explicación:

- Antes de cada iteración se evalúa contador < 5.
- Si es true, se ejecuta el bloque; si es false, se sale del while.
- Es responsabilidad del programador asegurarse de que la condición cambie (normalmente modificando variables dentro del bucle); de lo contrario el bucle será infinito.

Resultado:

```output
contador = 0
contador = 1
contador = 2
contador = 3
contador = 4
```

while con break y continue

Dentro de un while puedes usar break para salir inmediatamente o continue para saltar al siguiente ciclo.

```rust
fn main() {
    let mut n = 0;

    while n < 10 {
        n += 1;

        if n % 2 == 0 {
```

```
            continue; // saltar el resto del bloque para los pares
        }

        println!("Número impar: {}", n);

        if n >= 7 {
            break; // salir del while cuando n >= 7
        }
    }
}
```

Explicación:

- continue salta a la evaluación de la condición (n < 10) sin ejecutar las líneas siguientes dentro del bloque.
- break termina el while inmediatamente.

Match

El match es una de las herramientas más poderosas del flujo de control en Rust. Permite tomar decisiones basadas en patrones, de una manera clara, segura y completamente exhaustiva. A diferencia de un simple if, match compara un valor contra múltiples patrones y obliga al programador a manejar todos los casos posibles.

Sintaxis:

```nginx
match valor {

    Patrón1 => { /* código */ }

    Patrón2 => { /* código */ }

    _ => { /* código por defecto */ }

}
```

- valor : expresión a evaluar.
- Cada brazo (=>) representa un caso.
- El patrón `_` es el caso “cualquiera”; actúa como un else.

Ejemplo basico:

La forma más simple de match consiste en comparar un valor con varias alternativas:

```Rust
fn main() {
    let numero = 3;

    match numero {
        1 => println!("Uno"),
        2 => println!("Dos"),
```

```
        3 => println!("Tres"),
        _ => println!("Otro número"),
    }
}
```

Resultado:

```
Tres
```

Patrones

Los patrones permiten describir de forma declarativa qué valores queremos capturar o comparar. Rust soporta patrones muy expresivos:

Patrón literal

```rust
match x {
    0 => println!("Cero"),
    5 => println!("Cinco"),
    _ => println!("Otro valor"),
}
```

Patrón con múltiples alternativas

```rust
match x {
    1 | 2 | 3 => println!("Uno, dos o tres"),
    _ => println!("Otro"),
}
```

Patrones con variables

```rust
match x {
    10 => println!("Diez"),
    otro => println!("Otro valor: {}", otro),
}
```

Rangos

Rust permite usar rangos como patrones. Esto funciona tanto para enteros como para caracteres:

```rust
let edad = 20;

match edad {
    0..=12 => println!("Niño"),
    13..=17 => println!("Adolescente"),
    18..=59 => println!("Adulto"),
    _ => println!("Mayor de edad"),
}
```

Resultado:

```
Adulto
```
Output

Destructuración simple

match también puede abrir o "desestructurar" datos, como tuplas o enums simples.

```rust
fn main() {
    let punto = (0, 5);

    match punto {
        (0, y) => println!("Está en el eje Y, valor: {}", y),
        (x, 0) => println!("Está en el eje X, valor: {}", x),
        (x, y) => println!("En coordenadas ({}, {})", x, y),
    }
}
```
Rust

Resultado:

```
Está en el eje Y, valor: 5
```
Output

Condiciones lógicas

```rust
fn main() {
    let numero:i8 = 8;
    match numero {
        value if value % 2 == 0 => println!("El numero {numero} es par"),
        value if value % 2 == 1 => println!("El numero {numero} es impar"),
         _ => unreachable!(), // aquí decimos que nunca debería entrar
    }
}
```
Rust

Aquí, el patrón `value if ...` nos permite agregar condiciones adicionales dentro del match.

match como expresión

En Rust, match devuelve un valor, igual que un if expresión. Esto permite asignar el resultado:

```rust
let numero = 2;

let texto = match numero {
    1 => "uno",

    2 => "dos",

    3 => "tres",

    _ => "desconocido",
};
```
Rust

```
println!("Número: {}", texto);
```

Esto vuelve a match más poderoso que en muchos otros lenguajes, pues no solo ejecuta código: produce valores.

For

El bucle `for` es la forma más idiomática y segura de iterar en Rust.

Rust no usa índices manuales como en otros lenguajes, sino que itera directamente sobre colecciones, lo que evita errores como desbordes, índices fuera de rango o ciclos infinitos.

For sobre rangos

La forma más común de usar un `for` es con rangos `(start..end)`:

```Rust
for i in 0..5 {
    println!("i = {}", i);
}
```

Salida:

```Output
i = 0
i = 1
i = 2
i = 3
i = 4
```

Notas importantes sobre rangos:

- `a..b` incluye `a` pero excluye `b`
- Para incluir el final, usa `a..=b`:

```Rust
for n in 1..=3 {
    println!("{}", n);
}
```

Salida:

```Output
1
2
3
```

Los rangos se convierten automáticamente en iteradores, por eso funcionan con `for`.

For sobre arrays

Puedes iterar directamente sobre arrays:

```Rust
let numeros = [10, 20, 30, 40, 50];

for numero in numeros {
    println!("Número: {}", numero);
```

```
}
```

Salida:

```
Número: 10
Número: 20
Número: 30
Número: 40
Número: 50
```
Output

Iterar con referencia:

Si no quieres mover los valores, usa `&`:

```rust
let palabras = ["Hola", "Mundo", "Rust"];

for palabra in &palabras {
    println!("{}", palabra);
}

// palabras sigue disponible después del loop
println!("Primera palabra: {}", palabras[0]);
```
Rust

For sobre vectores

Los vectores se iteran igual que los arrays:

```rust
let mut puntos = vec![100, 200, 300, 400];

for punto in &puntos {
    println!("Punto: {}", punto);
}
```
Rust

Salida:

```
Punto: 100
Punto: 200
Punto: 300
Punto: 400
```
Output

Iterar y modificar elementos:

Para modificar elementos durante la iteración, usa `&mut`:

```rust
let mut numeros = vec![1, 2, 3, 4, 5];

for numero in &mut numeros {
    *numero *= 2;  // multiplica cada elemento por 2
}

println!("{:?}", numeros);  // [2, 4, 6, 8, 10]
```
Rust

Explicación:

- `&mut numeros` da acceso mutable a cada elemento
- `*numero` desreferencia para modificar el valor original

For sobre strings

Iterar sobre caracteres:

```rust
let texto = "Hola";

for caracter in texto.chars() {
    println!("{}", caracter);
}
```

Salida:

```output
H
o
l
a
```

Iterar sobre bytes:

```rust
let texto = "Rust";

for byte in texto.bytes() {
    println!("{}", byte);
}
```

Salida:

```output
82
117
115
116
```

⚠ Para texto normal, usa `.chars()`. Los bytes son útiles para procesamiento de bajo nivel.

Iterar sobre palabras:

```rust
let frase = "Hola desde Rust";

for palabra in frase.split_whitespace() {
    println!("{}", palabra);
}
```

Salida:

```output
Hola
desde
Rust
```

Iterar sobre líneas:

```rust
let texto = "Primera línea\nSegunda línea\nTercera línea";

for linea in texto.lines() {
    println!("Línea: {}", linea);
}
```

Salida:

```output
Línea: Primera línea
Línea: Segunda línea
Línea: Tercera línea
```

For con índice

Si necesitas el índice además del valor, usa `.enumerate()`:

```rust
let colores = ["Rojo", "Verde", "Azul"];

for (indice, color) in colores.iter().enumerate() {
    println!("Color {} es {}", indice, color);
}
```

Salida:

```output
Color 0 es Rojo
Color 1 es Verde
Color 2 es Azul
```

Con vectores:

```rust
let numeros = vec![10, 20, 30];

for (i, numero) in numeros.iter().enumerate() {
    println!("numeros[{}] = {}", i, numero);
}
```

Salida:

```output
numeros[0] = 10
numeros[1] = 20
numeros[2] = 30
```

Break en for

Puedes salir de un `for` anticipadamente con `break`:

```rust
let numeros = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10];

for numero in numeros {
```

```rust
    if numero == 5 {
        println!("Encontramos el 5, detenemos la búsqueda");
        break;
    }
    println!("Número: {}", numero);
}
```

Salida:

```
Output
Número: 1
Número: 2
Número: 3
Número: 4
Encontramos el 5, detenemos la búsqueda
```

Continue en for

Salta a la siguiente iteración con `continue`:

```rust
let numeros = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10];

for numero in numeros {
    if numero % 2 == 0 {
        continue;  // saltar números pares
    }
    println!("Número impar: {}", numero);
}
```

Salida:

```
Output
Número impar: 1
Número impar: 3
Número impar: 5
Número impar: 7
Número impar: 9
```

For anidados

Puedes anidar bucles `for`:

```rust
for fila in 1..=3 {
    for columna in 1..=3 {
        println!("Posición ({}, {})", fila, columna);
    }
}
```

Salida:

```
Output
Posición (1, 1)
```

```
Posición (1, 2)
Posición (1, 3)
Posición (2, 1)
Posición (2, 2)
Posición (2, 3)
Posición (3, 1)
Posición (3, 2)
Posición (3, 3)
```

Ejemplo práctico: tabla de multiplicar

```rust
for i in 1..=5 {
    for j in 1..=5 {
        print!("{:3} ", i * j);
    }
    println!();  // nueva línea después de cada fila
}
```

Salida:

```
  1   2   3   4   5
  2   4   6   8  10
  3   6   9  12  15
  4   8  12  16  20
  5  10  15  20  25
```

Iterar sobre arrays multidimensionales

```rust
let matriz = [
    [1, 2, 3],
    [4, 5, 6],
    [7, 8, 9],
];

for fila in matriz {
    for elemento in fila {
        print!("{} ", elemento);
    }
    println!();
}
```

Salida:

```
1 2 3
4 5 6
7 8 9
```

Iterar en reversa

Usa `.rev()` para invertir un rango:

```rust
for i in (1..=5).rev() {
    println!("{}", i);
}
```

Salida:

```output
5
4
3
2
1
```

Con arrays:

```rust
let numeros = [10, 20, 30, 40, 50];

for numero in numeros.iter().rev() {
    println!("{}", numero);
}
```

Salida:

```output
50
40
30
20
10
```

Iterar con pasos (step)

Para iterar con saltos, usa `.step_by()`:

```rust
for i in (0..10).step_by(2) {
    println!("{}", i);
}
```

Salida:

```output
0
2
4
6
8
```

Casos comunes de for

Suma de elementos:

```rust
let numeros = [1, 2, 3, 4, 5];
```

```rust
let mut suma = 0;

for numero in numeros {
    suma += numero;
}

println!("Suma total: {}", suma);  // 15
```

Encontrar máximo:

```rust
let numeros = [5, 2, 8, 1, 9, 3];
let mut maximo = numeros[0];

for numero in numeros {
    if numero > maximo {
        maximo = numero;
    }
}

println!("Máximo: {}", maximo);  // 9
```

Contar elementos que cumplen condición:

```rust
let numeros = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10];
let mut pares = 0;

for numero in numeros {
    if numero % 2 == 0 {
        pares += 1;
    }
}

println!("Números pares: {}", pares);  // 5
```

Buscar elemento:

```rust
let nombres = ["Ana", "Luis", "Carlos", "María"];
let buscar = "Carlos";
let mut encontrado = false;

for nombre in nombres {
    if nombre == buscar {
        encontrado = true;
        break;
    }
}

if encontrado {
```

```
    println!("{} está en la lista", buscar);
} else {
    println!("{} no está en la lista", buscar);
}
```

Diferencias importantes

for vs while con índice manual:

✖ Forma propensa a errores (estilo C):

```rust
let arr = [10, 20, 30];
let mut i = 0;

while i < arr.len() {
    println!("{}", arr[i]);
    i += 1;
}
```

✔ Forma idiomática de Rust:

```rust
let arr = [10, 20, 30];

for elemento in arr {
    println!("{}", elemento);
}
```

Ventajas del `for` idiomático:
- No puedes olvidar incrementar el índice
- No puedes acceder fuera de rango
- Más legible y conciso
- El compilador puede optimizar mejor

Consumir vs prestar

Consumir (mover):

```rust
let vec = vec![1, 2, 3];

for item in vec {  // vec se mueve
    println!("{}", item);
}

// println!("{:?}", vec);  // ✗ Error: vec fue movido
```

Prestar (con referencia):

```rust
let vec = vec![1, 2, 3];

for item in &vec {  // vec se presta
```

```
    println!("{}", item);
}

println!("{:?}", vec);  // ✓ vec sigue disponible
```

Modificar (con referencia mutable):

```rust
let mut vec = vec![1, 2, 3];

for item in &mut vec {
    *item *= 2;
}

println!("{:?}", vec);  // [2, 4, 6]
```

Resumen de for

```rust
// Rangos
for i in 0..5 { }
for i in 1..=10 { }
for i in (0..10).rev() { }
for i in (0..10).step_by(2) { }

// Arrays
for item in arr { }
for item in &arr { }

// Vectores
for item in vec { }
for item in &vec { }
for item in &mut vec { *item = ...; }

// Strings
for c in s.chars() { }
for b in s.bytes() { }
for palabra in s.split_whitespace() { }
for linea in s.lines() { }

// Con índice
for (i, item) in arr.iter().enumerate() { }

// Control
break;     // salir del loop
continue;  // siguiente iteración
```

Iteradores

El bucle for es uno de los más utilizados en Rust para iterar de manera segura y eficiente sobre rangos de valores o colecciones de datos. A diferencia de lenguajes como C, Rust no usa for con índices manuales esto para evitar errores comunes como off-by-one, sino que se basa en el trait IntoIterator. Esto hace que el código sea más idiomático, genérico y libre de errores de memoria.

Sintaxis básica:

```rust
for item in iterable {
    // Código que usa `item` en cada iteración
}
```

- `iterable` : Cualquier cosa que se pueda convertir en un iterador (rangos, vectores, arrays, etc.).
- `item` : Variable que recibe cada elemento por valor, referencia o desestructurada.
- Internamente, el **for** llama a `into_iter()` para crear un iterador y usa `next()` en un bucle while let Some(...) hasta que devuelve None.

El **for** toma ownership de la colección por defecto, pero puedes iterar por referencia “ `&colección` ” o mutable “ `&mut colección` ” para preservarla. Veremos esto en detalle más adelante.

Rangos

Los rangos son iteradores lazy “no crean arrays en memoria” y son perfectos para bucles numéricos.

Se definen con “ `..` ” exclusivo o “ `..=` ” inclusivo.

- `0..5` : **Itera** de 0 a 4.
- `0..=5` : **Itera** de 0 a 5.

Ejemplo básico:

```rust
fn main() {
    for i in 0..5 {
        println!("{}", i);  // Salida: 0 1 2 3 4
    }

    for i in 0..=5 {
        println!("{}", i);  // Salida: 0 1 2 3 4 5
    }
}
```

- Reverso: Usa “ `.rev()` ” para iterar descendente.

```rust
fn main() {
    for i in (0..=5).rev() {
        println!("{}", i);  // Salida: 5 4 3 2 1 0
    }
}
```

- Paso personalizado: “ `.step_by(n)` ” salta elementos.

```rust
fn main() {

    for i in (0..10).step_by(2) {

        println!("{}", i);  // Salida: 0 2 4 6 8
    }
}
```

Los rangos implementan **IntoIterator** automáticamente. Son eficientes (O(1) por elemento) y seguros (panic en debug si desbordan en modo checked).

Iterando sobre Colecciones: Arrays y Vectores

Las colecciones como arrays “ `[T; N]` ”, tamaño fijo y vectores “ `Vec<T>` ” dinámico, son iterables vía métodos como `into_iter()` , `iter()` y `iter_mut()` .

- `into_iter()` : Toma ownership y consume la colección (mueve elementos). Útil cuando quieres destruirla intencionalmente.
- `iter()` : Itera por referencias inmutables (&T). Preserva la colección.
- `iter_mut()` : Itera por referencias mutables (&mut T). Permite modificaciones sin consumir.

Iterando Arrays en Rust

En Rust, los bucles for permiten recorrer los elementos de un array de distintas maneras, dependiendo de cómo se accede a cada elemento:

- Por valor: se obtiene una copia del elemento.
- Por referencia: se accede sin mover ni copiar.
- Por referencia mutable: se accede para modificar los elementos.

Iteración por valor

Esta forma recorre los valores del array directamente.

```rust
fn main() {
    let arr1 = [100, 200, 300];

    println!("Iterando con for in (por valor):");
    for x in arr1 {
        println!("{}", x);
    }

    // Los arrays de tipos Copy (como i32) siguen disponibles
    println!("Array original: {:?}", arr1);
}
```

En arrays de tipos que implementan Copy, el array no se mueve. Pero en colecciones no Copy como “ `Vec<String>` ”, se perdería la propiedad.

Iteración con .into_iter()

Convierte el array en un iterador que consume sus elementos.

```rust
fn main() {
    let arr2 = [400, 500, 600];

    println!("Iterando con into_iter():");
    for x in arr2.into_iter() {
        println!("{}", x);
    }

    // En arrays de Copy (como i32) sigue disponible,
    // pero en vectores o structs NO.
    println!("Array original aún usable: {:?}", arr2);
}
```

“ `into_iter()` ” transfiere la propiedad de cada elemento al bucle.

Úsalo cuando ya no necesites el array después.

Iteración con .iter() por referencia

Se usa para prestar los valores sin moverlos.

```rust
fn main() {
    let arr3 = [700, 800, 900];

    println!("Iterando con iter():");
    for &x in arr3.iter() {  // Desreferenciamos (&i32 → i32)
        println!("{}", x);
    }

    println!("Array original: {:?}", arr3);
}
```

“ `iter()` ” devuelve referencias `&T`, por lo que puedes leer los datos sin consumirlos.

Iteración con “ `.iter_mut()` ” por referencia mutable

Permite modificar los elementos del array durante la iteración.

```rust
fn main() {
    let mut arr4 = [1, 2, 3];

    println!("Iterando con iter_mut():");
    for x in arr4.iter_mut() {
        *x *= 10; // Desreferenciamos para modificar el valor
    }

    println!("Array modificado: {:?}", arr4);
}
```

- `iter_mut()` devuelve `&mut T`.
- Debes declarar el array como mut para usarlo.
- Es la única forma segura de modificar los valores dentro del bucle for.

Iterando Vectores en Rust

En Rust, los vectores `Vec<T>` se recorren con bucles **for** de distintas maneras, dependiendo de cómo se accede a los elementos:

- Por valor `for x in vec`, consume el vector.
- Por referencia `.iter()`, solo lectura.
- Por referencia mutable `.iter_mut()`, permite modificar.
- Por propiedad `.into_iter()`, transfiere la propiedad de los elementos.

Iteración por valor `for x in vec`

Cuando usamos `for x in vec`, Rust mueve el vector.

Después del bucle, ya no puedes usarlo.

```rust
fn main() {
    let vec1 = vec![10, 20, 30];

    println!("Iterando con for in <valor>:");
    for x in vec1 {
        println!("{}", x);
    }

    // Error si intentas usar vec1 después:
    // println!("{:?}", vec1); // Moved value
}
```

En vectores, a diferencia de los arrays, los valores no se copian automáticamente, se mueven.

Iteración con `.into_iter()`

`into_iter()` convierte el vector en un iterador que toma la propiedad de cada elemento.

```rust
fn main() {
    let vec2 = vec!["Rust", "es", "genial"];

    println!("→ Iterando con into_iter():");
    for palabra in vec2.into_iter() {
        println!("{}", palabra);
    }

    // El vector ya no está disponible:
```

```
    // println!("{:?}", vec2); // Error
}
```

- Similar a `for x in vec`, pero más explícito.
- Útil cuando deseas consumir el vector completamente, por ejemplo al mover datos.

Iteración con `.iter()` por referencia

`iter()` presta referencias a los elementos del vector, sin moverlo.

```rust
fn main() {
    let vec3 = vec![100, 200, 300];

    println!("Iterando con iter():");
    for valor in vec3.iter() {
        println!("{}", valor);
    }

    println!("Vector original sigue disponible: {:?}", vec3);
}
```

- El tipo de valor es &i32 “referencia”.
- Si quieres el valor directo, puedes desreferenciar: for &valor in `vec3.iter() { ... }`.

Iteración con `.iter_mut()` por referencia mutable

`iter_mut()` permite modificar los elementos directamente en el bucle.

```rust
fn main() {
    let mut vec4 = vec![1, 2, 3];

    println!("Iterando con iter_mut():");
    for valor in vec4.iter_mut() {
        *valor *= 10; // modificamos directamente
    }

    println!("Vector modificado: {:?}", vec4);
}
```

- El tipo de valor es `&mut i32`.
- Debes declarar el vector como `mut`.
- Los cambios se aplican directamente al vector original.

Iterar con índices cuando lo necesitas

A veces, también puedes iterar manualmente con índices si necesitas acceder a la posición.

```rust
fn main() {
    let vec5 = vec!["A", "B", "C"];

    println!("Iterando con índices:");
    for i in 0..vec5.len() {
        println!("Índice: {}, Valor: {}", i, vec5[i]);
    }
}
```

El acceso con `vec[i]` puede causar pánico si el índice está fuera del rango. Para evitarlo, usa `vec.get(i)` que devuelve `Option<&T>`.

For con Tuplas

Una tupla en sí no es iterable.

No puedes hacer directamente:

```rust
for x in (1, 2, 3) { } // Error
```

Esto se debe a que una tupla es una estructura de longitud fija y heterogénea, no una secuencia.

Sin embargo, puedes iterar colecciones que contienen tuplas, como vectores o arrays, y desestructurarlas dentro del for.

Ejemplo:

```rust
let pares = vec![(1, "uno"), (2, "dos"), (3, "tres")];

for (n, palabra) in pares {
    println!("{} -> {}", n, palabra); // consume pares
}
```

- `for (n, palabra)` in pares desestructura cada tupla del vector.
- El vector pares es consumido "moved" porque no usamos referencias.

Si queremos conservarlo:

```rust
let mapa = vec![(1, 2), (3, 4)];

for (a, b) in &mapa { // iterando por referencia
    println!("{} + {} = {}", a, b, a + b);
}
```

Aquí, a y b son referencias `&i32`, y el vector mapa sigue disponible después del bucle.

For con Strings (&str y String)

Las cadenas de texto pueden recorrerse de distintas formas, según qué desees iterar: caracteres, bytes o graphemes (combinaciones visuales de caracteres).

Ejemplo:

```rust
let s = "hola 😊";

for c in s.chars() {
    println!("{}", c);
}

for b in s.bytes() {
    println!("{}", b);
}
```

Detalles importantes:

- `for c in s.chars()`, itera sobre caracteres Unicode (char).

  Ejemplo de salida: `h`, `o`, `l`, `a`, , `😊`.

- `for b in s.bytes()`, itera sobre bytes **u8**, mostrando la codificación UTF-8.

  Ejemplo: `104`, `111`, `108`, `97`, `32`, `240`, `159`, `152`, `138`.

break y continue

- `break` : termina el bucle actual.
- `continue` : salta a la siguiente iteración.

```rust
for i in 0..6 {
    if i == 3 {
        continue; // se salta el 3
    }
    if i == 5 {
        break; // rompe el bucle
    }
    println!("{}", i);
}
```

Etiquetas en For

Rust permite etiquetar bucles para romper o continuar desde un nivel específico.

```rust
'outer: for i in 1..=3 {
    for j in 1..=3 {
        if i == 2 && j == 2 {
            break 'outer; // rompe el bucle externo
        }
        println!("i={}, j={}", i, j);
    }
}
```

Salida:

```
i=1, j=1
i=1, j=2
i=1, j=3
i=2, j=1
```
Output

Ownership en for

Por defecto, for consume "mueve" la colección.

Para evitarlo, se itera por referencia `& o &mut`.

Ejemplo mutable:

```rust
fn main() {
    let mut vec = vec![1, 2, 3];
    for num in vec.iter_mut() {  // Itera con mut borrow
        *num += 1;
    }
    println!("{:?}", vec); // [2, 3, 4]
}
```
Rust

Iteradores Avanzados

Los iteradores son una parte esencial de Rust: permiten recorrer datos de forma inmutable, segura y funcional, sin necesidad de bucles imperativos.

Cualquier tipo que implemente el trait **Iterator** puede usarse en un **for**, o manipularse mediante sus métodos.

Creación de iteradores

```rust
let v = vec![10, 20, 30];
let mut it = v.iter(); // &i32

println!("{:?}", it.next()); // Some(&10)
println!("{:?}", it.next()); // Some(&20)
println!("{:?}", it.next()); // Some(&30)
println!("{:?}", it.next()); // None
```
Rust

Cada llamada a `.next()` devuelve `Option<T>`, hasta que se agotan los elementos.

Métodos comunes:

- **`map()`** : transforma

  ```rust
  let v = vec![1, 2, 3];
  let doblados: Vec<_> = v.iter().map(|x| x * 2).collect();
  println!("{:?}", doblados); // [2, 4, 6]
  ```
  Rust

- **`filter()`** : filtra según condición

  ```rust
  let v = vec![1, 2, 3, 4, 5];
  let pares: Vec<_> = v.iter().filter(|x| *x % 2 == 0).collect();
  ```
  Rust

```
println!("{:?}", pares); // [2, 4]
```

- `fold()` : acumula (reduce)

```rust
let suma = (1..=5).fold(0, |acc, x| acc + x);
println!("{}", suma); // 15
```

- `take()` `skip()`

```rust
let v = vec![10, 20, 30, 40, 50];

for n in v.iter().skip(1).take(3) {
    println!("{}", n);
}
// Imprime: 20, 30, 40
```

- `rev()` : invierte el orden

```rust
for n in (1..=3).rev() {
    println!("{}", n);
}
// 3, 2, 1
```

Combinaciones poderosas

```rust
let datos = vec![1, 2, 3, 4, 5, 6];

let resultado: Vec<_> = datos
    .iter()
    .filter(|x| *x % 2 == 0) // pares
    .map(|x| x * x)          // al cuadrado
    .rev()                   // orden inverso
    .collect();

println!("{:?}", resultado); // [36, 16, 4]
```

Iterar múltiples colecciones

```rust
fn main() {
    let a = vec![1, 2, 3];

    let b = vec!["uno", "dos", "tres"];

    for (num, texto) in a.iter().zip(b.iter()) {  // Tupla (i32, &str)
        println!("{}: {}", num, texto);
    }

    // Salida: 1: uno, 2: dos, 3: tres
    // Se detiene en el más corto.
}
```

Búsqueda de Iteradores

Estos métodos trabajan sobre iteradores y devuelven valores booleanos o resultados parciales en lugar de colecciones completas.

No consumen todos los elementos si no es necesario, paran cuando encuentran el resultado.

- `any()`

  Devuelve true si al menos un elemento cumple la condición.

  Es equivalente a decir:

  "¿Existe alguno que cumpla esto?"

```rust
fn main() {
    let numeros = vec![1, 2, 3, 4, 5];

    let hay_par = numeros.iter().any(|&x| x % 2 == 0);
    println!("¿Hay algún número par? {}", hay_par); // true

    let mayor_a_diez = numeros.iter().any(|&x| x > 10);
    println!("¿Alguno mayor a 10? {}", mayor_a_diez); // false
}
```

  `any()` deja de iterar en cuanto encuentra un true.

  Ejemplo: no sigue buscando más pares cuando ya encontró uno.

- `all()`

  Devuelve true si todos los elementos cumplen la condición.

  Es equivalente a decir:

  "¿Todos cumplen esto?"

```rust
fn main() {
    let edades = vec![18, 22, 25, 30];

    let todos_mayores = edades.iter().all(|&x| x >= 18);
    println!("¿Todos son mayores de edad? {}", todos_mayores); // true

    let todos_pares = edades.iter().all(|&x| x % 2 == 0);
    println!("¿Todos son pares? {}", todos_pares); // false
}
```

  `all()` también detiene la iteración en cuanto encuentra un false.

- `find()`

  Busca el primer elemento que cumpla una condición y devuelve Option.

  Es equivalente a decir:

  "Encuentra el primer elemento que cumpla esto".

```rust
fn main() {
    let numeros = vec![10, 20, 30, 40, 50];

    if let Some(x) = numeros.iter().find(|&&n| n > 25) {
        println!("El primero mayor a 25 es: {}", x); // 30
    } else {
        println!("No hay ninguno mayor a 25");
    }

    // Otro ejemplo: buscar una palabra
    let palabras = vec!["rust", "golang", "python"];

    match palabras.iter().find(|&&p| p.starts_with('p')) {
        Some(p) => println!("Encontrado: {}", p),  // python
        None => println!("No encontrado"),
    }
}
```

- `find()` devuelve una referencia `Option<&T>` si usas `.iter()`.
- Si usas `.into_iter()`, moverá los elementos `Option<T>`.

Ejemplo combinado

Estos métodos se pueden combinar para expresiones potentes:

```rust
fn main() {
    let nums = vec![1, 2, 3, 4, 5];

    // ¿Existe algún impar mayor a 3?
    let resultado = nums.iter().any(|&x| x % 2 == 1 && x > 3);
    println!("¿Impar > 3?: {}", resultado); // true (5)

    // Verificar todos menores que 10
    println!("¿Todos < 10?: {}", nums.iter().all(|&x| x < 10)); // true

    // Buscar primer número divisible por 4
    if let Some(x) = nums.iter().find(|&&x| x % 4 == 0) {
        println!("Divisible por 4: {}", x); // 4
    }
}
```

Concepto clave

Los iteradores en Rust son lazy (perezosos): no ejecutan nada hasta que se consumen, por ejemplo con:

- collect()
- for

- count()
- sum()
- any(), all(), find()

Ejemplo:

```rust
let v = vec![1, 2, 3];
let it = v.iter().map(|x| x * 10); // aún no se ejecuta
println!("{}", it.sum::<i32>());   // se ejecuta aquí
```

Funciones en Rust

Las funciones son bloques de código reutilizables diseñados para realizar una tarea específica. Facilitan la modularidad, el mantenimiento y la reutilización del código al dividir un programa en partes más pequeñas y manejables. En Rust, las funciones se distinguen de los métodos que están asociados a structs o enums mediante impl, aquí nos enfocamos en funciones independientes.

Se declaran con la palabra clave `fn`, y Rust enfatiza la seguridad de tipos: los parámetros siempre requieren tipos explícitos, y los retornos son opcionales pero tipados.

Sintaxis básica:

```rust
fn nombre_funcion(param1: Tipo1, param2: Tipo2) -> TipoRetorno {
    // Cuerpo de la función
    // El último expresión sin ; se devuelve automáticamente
}
```

Ejemplo simple:

```rust
fn saludar() {
    println!("¡Hola, mundo!");
}
fn main() {
    saludar();  // Llama la función
}
```

Parámetros

Los parámetros son entradas a la función y deben especificar su tipo. Rust no infiere tipos en declaraciones de parámetros para evitar ambigüedades.

```rust
/// Suma dos números enteros y los imprime.
fn sumar(a: i32, b: i32) {
    println!("La suma es: {}", a + b);
}

fn main() {
    sumar(5, 3);  // Salida: La suma es: 8
}
```

Valores de retorno

Las funciones pueden devolver valores. Si no se especifica, devuelven “ `() (unit type)` ”.

- Retorno implícito:

  La última expresión sin “ `;` ” se devuelve automáticamente, estilo idiomático de Rust.

```rust
fn cuadrado(x: i32) -> i32 {
    x * x  // Sin ";"  devuelve el resultado
}

fn main() {
    let resultado = cuadrado(4);
    println!("Cuadrado: {}", resultado);  // 16
}
```

Si agregas “ `;` ”:

```rust
fn cuadrado_con_semi(x: i32) -> i32 {
    x * x;  // Con ";"  devuelve ()
    0       // Esto se ignora
}
```

return Explícito

Para salidas tempranas “early returns”, usa “ `return expr;` ”. Es opcional al final, pero útil en condicionales.

```rust
fn main() {
    let a = 15;
    let b = 9;

    println!("El valor mayor de {a} y {b} es : {}", valor_mayor(a , b));
}

fn valor_mayor(a:i32, b:i32) -> i32{
    if a > b {
        return a
    }else{
        return b
    }
}
```

Otro ejemplo: Verificar paridad.

```rust
fn es_par(n: i32) -> bool {
    if n % 2 == 0 {
        true  // Expresión
```

```
    } else {
        false
    }
}

/// Equivalente con return (más conciso).
fn es_par_ret(n: i32) -> bool {
    return n % 2 == 0;  // Explícito
}
```

Funciones anidadas

Rust permite definir funciones dentro de otras "**inner functions**", pero solo visibles en el scope padre. Útiles para helpers locales.

```rust
fn principal() {
    fn interna(x: i32) -> i32 {  // Anidada
        x + 1
    }
    println!("{}", interna(5));  // 6
}

fn main() {
    principal();
}
```

Closures: Funciones Anónimas

Los closures son funciones anónimas que capturan el entorno "**variables externas**". Son como lambdas en Python/JS, pero con reglas estrictas de captura "**borrow/move**". Ideales para iteradores, callbacks y FP.

Sintaxis:

```rust
let nombre_closure = |param1: Tipo1, param2: Tipo2| -> TipoRetorno {
    // Cuerpo (expresión o bloque)
};
```

Ejemplo básico:

```rust
let resta = |a: i32, b: i32| -> i32 {a - b};  // Explícito
let suma  = |a: i32, b: i32| a + b;  // Infieren tipos si posible
println!("{}", suma(2, 3));         // 5
println!("{}", resta(5, 3));         // 2
```

Devolviendo Múltiples Valores: Tuplas

Las funciones pueden devolver múltiples valores empaquetados en una tupla:

```rust
fn calcular(a: i32, b: i32) -> (i32, i32) {
    (a + b, a * b)  // Tupla como último valor
}

fn main() {
    let (suma, producto) = calcular(4, 5);
    println!("Suma: {}, Producto: {}", suma, producto);  // 9, 20
}
```

Devolver un array

Los arrays en Rust tienen tamaño fijo que se define en el tipo.

```rust
fn crear_array() -> [i32; 3] {
    [10, 20, 30]
}

fn main() {
    let arr = crear_array();
    println!("Array: {:?}", arr);  // [10, 20, 30]
}
```

Devolver un vector

Un vector `Vec<T>` es dinámico y mucho más usado en la práctica:

```rust
/// Crea un vector de strings.
fn crear_vector() -> Vec<String> {
    vec!["Rust".to_string(), "es".to_string(), "genial".to_string()]
}

fn main() {
    let v = crear_vector();
    println!("Vector: {:?}", v);  // ["Rust", "es", "genial"]
}
```

Funciones con referencias

Pasa datos grandes por &T para evitar copias/moves.

```rust
/// Calcula longitud sin tomar ownership.
fn longitud(texto: &String) -> usize {  // &String (o &str para más flex)
    texto.len()
}

fn main() {
    let s = String::from("Hola Rust");
```

```
    let l = longitud(&s);  // Borrow
    println!("'{}' tiene {} caracteres", s, l);  // s intacto
}
```

Funciones por referencia y mutables

```rust
fn incrementar(x: &mut i32) {
    *x += 1; // se desreferencia con *
}

fn main() {
    let mut num = 10;
    incrementar(&mut num);
    println!("{}", num); // 11
}
```

Explicación rápida:

- “ `&mut` ”, referencia mutable (permite modificar la variable original).
- “ `*x` ”, desreferencia: accede al valor real dentro de la referencia.

Ejemplos prácticos de funciones con `&mut`

Ahora veamos casos más útiles y aplicables.

Ejemplo 1: Modificar un vector desde una función

Supongamos que queremos agregar elementos a un vector existente.

```rust
fn agregar_elemento(v: &mut Vec<i32>, nuevo: i32) {
    v.push(nuevo);
}

fn main() {
    let mut numeros = vec![1, 2, 3];
    agregar_elemento(&mut numeros, 4);
    agregar_elemento(&mut numeros, 5);

    println!("{:?}", numeros); // [1, 2, 3, 4, 5]
}
```

Aquí:

- Modifica directamente el vector original gracias a la referencia mutable.
- Sin &mut, el push() fallaría porque Rust no permitiría modificarlo.

Ejemplo 2: Convertir texto a mayúsculas

```rust
fn a_mayusculas(texto: &mut String) {
```

```
    *texto = texto.to_uppercase();
}

fn main() {
    let mut saludo = String::from("hola rust");
    a_mayusculas(&mut saludo);
    println!("{}", saludo); // HOLA RUST
}
```

Explicación:

- `to_uppercase()` crea un nuevo `String`.
- Lo reasignamos sobre el mismo valor usando "`*texto = ....`"

Ejemplo 3: Restablecer valores en un arreglo mutable

```
fn resetear(arr: &mut [i32]) {
    for x in arr.iter_mut() {
        *x = 0;
    }
}

fn main() {
    let mut datos = [3, 7, 9];
    resetear(&mut datos);
    println!("{:?}", datos); // [0, 0, 0]
}
```

Puntos clave:

- `&mut [i32]` es un slice mutable del array.

Ejemplo 4: Intercambiar valores (swap)

```
fn intercambiar(a: &mut i32, b: &mut i32) {
    let temp = *a;
    *a = *b;
    *b = temp;
}

fn main() {
    let mut x = 10;
    let mut y = 20;
    intercambiar(&mut x, &mut y);
    println!("x = {}, y = {}", x, y); // x = 20, y = 10
}
```

Útil cuando quieres manipular variables sin devolver múltiples valores.

Funciones genéricas

Una función genérica permite que el tipo de sus parámetros no esté fijo.

En lugar de hacer una función solo para `i32` o `f64`, puedes hacer una que funcione con cualquier tipo.

Ejemplo sin genéricos

```rust
fn mostrar_i32(x: i32) {
    println!("El valor es: {}", x);
}

fn main() {
    mostrar_i32(10);
}
```

Esta función solo acepta `i32`.

Si intentas pasarle un `f64`, no compila.

Ejemplo genérico básico

```rust
fn mostrar<T>(x: T) {
    println!("Tengo un valor!");
}

fn main() {
    mostrar(10);        // i32
    mostrar(3.14);      // f64
    mostrar("hola");    // &str
}
```

Retorno genérico

```rust
fn devolver_mismo<T>(x: T) -> T {
    x
}

fn main() {
    let n = devolver_mismo(5);

    let t = devolver_mismo("texto");

    println!("{} - {}", n, t);
}
```

Esta función devuelve exactamente el mismo tipo que recibe.

Ejemplo 1: Intercambiar valores

Una función genérica puede manipular cualquier tipo, no solo devolverlo.

Veamos cómo intercambiar dos valores de cualquier tipo (sin importar si son i32, String, etc.):

```rust
fn intercambiar<T>(a: &mut T, b: &mut T) {
    let temp = *a;      // mueve el valor de a
    *a = *b;            // reemplaza a por b
    *b = temp;          // reemplaza b por temp
}

fn main() {
    let mut x = 10;
    let mut y = 20;

    intercambiar(&mut x, &mut y);
    println!("x = {}, y = {}", x, y); // x = 20, y = 10
}
```

Aquí:

- `T` puede ser cualquier tipo (numérico, texto, struct...).
- `&mut T` indica que tomamos referencias mutables (podemos modificarlas).
- No necesitamos saber qué tipo es `T`, Rust se encarga en tiempo de compilación.

Ejemplo 4: Genéricos + funciones que retornan otro tipo genérico

```rust
fn convertir_en_vec<T>(x: T) -> Vec<T> {
    vec![x]
}

fn main() {
    let numeros = convertir_en_vec(42);
    let palabras = convertir_en_vec("hola");

    println!("{:?}", numeros);  // [42]
    println!("{:?}", palabras); // ["hola"]
}
```

Esta función:

- Toma un valor de tipo T
- Devuelve un `Vec<T>` (vector del mismo tipo)

Struct

En Rust, un struct '**estructura**' es una forma de agrupar múltiples valores relacionados bajo un tipo de dato unificado. Funciona como un contenedor organizado que nos permite definir nuestro propio tipo de dato personalizado.

Por ejemplo, imagina un Libro como una ficha bibliográfica: en lugar de manejar datos sueltos sobre un libro, reunimos toda la información relevante como el título, autor y año de publicación en un solo registro con campos específicamente etiquetados.

Esto no solo mantiene los datos lógicamente unidos, sino que también le da al compilador de Rust la capacidad de verificar que accedemos a campos válidos, como titulo o autor. Si intentas acceder a un campo no definido, como editorial, Rust te avisará de ese error en tiempo de compilación.

Además, al asignar tipos correctos a cada campo como por ejemplo, String para el título y u32 para el año, prevenimos errores comunes antes de que el programa se ejecute, en lugar de descubrirlos durante la ejecución. Esto hace que el código sea más robusto y fácil de mantener.

Sintaxis básica

Un struct se declara con la palabra clave `struct`, seguida del nombre y una lista de campos entre llaves:

```rust
struct Libro {
    titulo: String,
    autor: String,
    anio_publicacion: u32,
}
```

- `Libro` es el nombre del `struct`.
- titulo, autor y anio_publicacion son los campos.
- Cada campo tiene un nombre y un tipo.
- Los nombres deben usar `PascalCase`, según la convención oficial de Rust.

Instanciación de un Struct

Para crear una instancia del `struct`, se usa las llaves `{ }` indicando los valores de cada campo.

```rust
fn main() {
    let libro = Libro {
        titulo: String::from("Domina Rust"),
        autor: String::from("Alex Villanueva"),
        anio_publicacion: 2025,
    };
}
```

Reglas importantes:

- Debes inicializar todos los campos.
- El orden no importa.
- Puedes crear structs como let o let mut.

Acceso a los campos

Los campos se acceden con el operador `.`:

```rust
  // --snip--
```

```
println!("Título: {}", libro.titulo);   // "Domina Rust"
println!("Autor: {}", libro.autor);     // "Alex Villanueva"
println!("Año: {}", libro.anio_publicacion);  // 2025
```

Structs Mutables

Para modificar los campos de un struct, la instancia debe ser mutable `mut`:

```rust
let mut libro = Libro {
    // --snip--
};

libro.anio_publicacion = 2026; // Modificamos un campo
println!("Año: {}", libro.anio_publicacion);  // Ahora 2026
```

Si la variable no es mutable, sus campos tampoco lo serán.

Struct Update Syntax

Puedes crear una nueva instancia copiando algunos campos de otro struct con la sintaxis "`..`":

```rust
// --snip--

let libro2 = Libro {
    titulo: String::from("Aprende RusT"),
    ..libro
};

println!("{}", libro2.titulo); // "Aprende RusT"
println!("{}", libro2.autor); // "Alex Villanueva"
println!("{}", libro2.anio_publicacion);  // 2026
```

Esto copia:

- libro.autor
- libro.anio_publicacion

Si un campo contiene datos que mueven ownership como String, la variable original deja de ser válida para ese campo.

Tuple Structs

Son structs sin nombre para los campos. Útiles cuando el significado viene implícito:

```rust
struct Punto(i32, i32);

let p = Punto(10, 20);
```

Unit-like Structs

No tienen campos. Se usan para:

- Implementar traits en tipos sin datos
- Marcar eventos o comportamientos

- Crear tipos fantasma (zero-sized types)

```rust
struct SinDatos;

let x = SinDatos;
```

Desestructuración de Structs

Podemos extraer los campos de un struct en variables individuales:

```rust
// --snip--

let Libro { titulo, autor, anio_publicacion } = libro2;
println!("{} - {} ({})", titulo, autor, anio_publicacion);
```

Derivaciones automáticas

Rust puede generar implementaciones comunes automáticamente con `#[derive(...)]`.

```rust
#[derive(Debug, Clone, PartialEq)]
struct Libro {
    // --snip--
}

fn main() {
    // --snip--
    let Libro { titulo, autor, anio_publicacion } = libro2.clone();
    // --snip--
    println!("{:?}", libro); // Usa Debug
    println!("{:#?}", libro); // Usa Debug

    let libro3 = Libro{
        titulo: String::from("EFFECTIVE RUST"),
        autor: String::from("David Drysdale"),
        anio_publicacion: 2000,
    };

    println!("{}",libro2 == libro3); // False
}
```

- `Debug`: permite imprimir structs con {:?}.
- `Clone`: permite clonar valores.
- `PartialEq`: permite comparar con ==.

Métodos en Structs

En Rust, cuando queremos añadir comportamiento a nuestros structs, utilizamos el bloque `impl` para implementar métodos.

Esto transforma nuestros structs de ser simples contenedores de datos estaticos a tipos de datos inteligentes que saben cómo operar con su propia información, manteniendo todo el código

relacionado organizado en un mismo lugar y aprovechando el sistema de tipos de Rust para garantizar que estas operaciones se realicen de manera segura.

Sintaxis:

```rust
impl Libro {
    // Aquí van los métodos y funciones asociadas
}
```

Ejemplo básico:

```rust
// --snip--
impl Libro {
  fn new(titulo: String, autor: String, anio_publicacion: u32) -> Libro {
    Libro {
      titulo,
      autor,
      anio_publicacion
    }
  }

}

fn main() {
  // --snip--
  let libro4 = Libro::new(
    String::from("Domina Rust"),
    String::from("Alex Villanueva"),
    2025
  );
  // Usa :: para métodos asociados
}
```

Self

Self representa el tipo del `struct` dentro del bloque `impl`.

Es una forma abreviada de escribir el nombre completo del tipo. `Self = Libro`.

```rust
fn new(..) -> Self {
  Self {
  ...
  }
}
```

```rust
fn new(..) -> Libro {
  Libro {
  ...
  }
}
```

Las Variantes de self

Todos los métodos de instancia usan `self` como primer parámetro. Las variantes controlan ownership y mutabilidad. En Rust, los métodos dentro de impl pueden recibir al propio objeto de diferentes formas.

1. Borrow Inmutable `self`

   - Referencia inmutable al objeto actual.
   - No puede modificar los campos, solo leerlos.
   - Se traduce a: `self: &Self`.

   Ejemplo:

```Rust
impl Libro {
    fn es_reciente(&self) -> bool {  // &self: solo lee
        self.anio_publicacion >= 2020
    }
}
```

   Forma abreviada de escribir:

```Output
fn es_reciente(&self)  ->  fn es_reciente(self: &Libro)
```

```Rust
fn main() {
    // --snip--

  let libro4 = Libro::nuevo(
    String::from("Nuevo Libro"),
    String::from("Autor X"),
    2025
  );

  println!("¿Es reciente? {}", libro4.es_reciente());  // true
  // libro sigue intacto, puedes usarlo después
  println!("Año: {}", libro4.anio_publicacion);  // 2026
}
```

2. Borrow Mutable `&mut self`.

   - Modifica y lee los campos.
   - Solo una mutación a la vez.

   Ejemplo:

```Rust
impl Libro {
    fn actualizar_año(&mut self, nuevo_año: u32) {  // &mut self: modifica
        self.anio_publicacion = nuevo_año;
    }
}
```

   Forma abreviada de escribir:

```
fn actualizar_año(&mut self,..)  ->  fn actualizar_año(self: &mut Libro,..)
```

   Necesitas

- `let mut libro`
- `&mut self`.

```rust
fn main() {
    // --snip--

  libro4.actualizar_año(2027);  // Cambia vía método
  println!("Año actualizado: {}", libro.anio_publicacion);  // 2027
  // libro mut sigue vivo y modificado
}
```

3. Tomar Ownership `self`

   Mueve la instancia al método **ownership transferido**.

   Después, no puedes usar el struct original.

   Ejemplo:

```rust
impl Libro {

    fn a_string(self) -> String {  // self: consume
        format!("{} por {} ({})",
          self.titulo,
          self.autor,
          self.anio_publicacion
        )
    }
}

fn main() {
    // --snip--

    let descripcion = libro4.a_string();  // Consume libro4
    println!("{}", descripcion);  // Domina Rust por Alex Villanueva (2027)
    //println!("{:?}", libro4);  // Error: moved!
}
```

4. `&Self` & `&mut Self`

   Se usan normalmente en las firmas de métodos estáticos o asociados, o cuando defines tipos o traits genéricos, donde Self hace que tu código sea más genérico y expresivo.

```rust
impl Libro{

    fn comparar(&self, otro: &Self) -> bool {   // &Self = &Libro
        self.titulo == otro.titulo
    }
```

```
    fn incrementar(&mut self, otro: &mut Self) {
        otro.anio_publicacion += self.anio_publicacion;
    }
}
```

Uso:

```rust
fn main(){
  // --snip--

  libro_y.incrementar(&mut libro_x);
  println!("{}", libro_y.anio_publicacion);

  println!("{}",libro_y.comparar(&libro_x));
}
```

Method Chaining

En Rust, es posible llamar varios métodos de forma consecutiva sobre el mismo valor usando un estilo fluido conocido como encadenamiento de métodos "method chaining".

Este patrón es muy común en APIs modernas, ya que hace el código más expresivo y fácil de leer.

```rust
persona
    .incrementar(1)
    .incrementar(2)
    .resetear();
```

Este estilo solo es posible cuando los métodos están implementados dentro de un bloque `impl`.

¿Qué permite el encadenamiento de métodos?

Para encadenar métodos, un método debe retornar `Self`, `&Self` o `&mut Self`.

Es decir, debe devolver la propia instancia para poder llamar al siguiente método sobre ella.

Rust no tiene un "azúcar sintáctico especial" para esto; es solo una consecuencia natural de devolver el mismo objeto.

Ejemplo básico:

```rust
struct Persona {
    edad: u8,
}

impl Persona {
    fn new(edad: u8) -> Self {
        Self { edad }
    }

    // Permite encadenar gracias a Self
    fn sumar(mut self, x: u8) -> Self {
```

```
        self.edad += x;
        self
    }

    // También retorna Self
    fn duplicar(mut self) -> Self {
        self.edad *= 2;
        self
    }

    fn mostrar(&self) {
        println!("Edad: {}", self.edad);
    }
}

fn main() {
    let persona = Persona::new(20)
        .sumar(5)      // 25
        .duplicar();   // 50

    persona.mostrar();
}
```

Salida:

```
Edad: 50
```
Rust

Enums y Patrones

Rust ofrece una poderosa combinación entre enumeraciones “enums” y el sistema de patrones “pattern matching”.

Juntos permiten representar datos complejos de forma segura y expresiva.

Enum

Un enum te permite definir un tipo que puede ser uno entre varios valores posibles.

Ejemplo basico:

```
enum Color {
    Rojo,
    Verde,
    Azul,
}
```
Rust

Los enum son muy útiles para representar estados, opciones y variaciones de datos.

Enums con Datos

A diferencia de otros lenguajes, Rust permite que cada variante del enum tenga datos asociados.

- Con valores simples

```rust
enum Ip {
    V4(String),
    V6(String),
}
```

- Con estructuras diferentes

```rust
enum Mensaje {
    Texto(String),
    Coordenada { x: i32, y: i32 },
    Salir,
}
```

match: La herramienta principal para enums

match permite comparar un valor contra patrones.

Ejemplo básico:

```rust
fn imprimir_color(color: Color) {
    match color {
        Color::Rojo => println!("Rojo!"),
        Color::Verde => println!("Verde!"),
        Color::Azul => println!("Azul!"),
    }
}
```

Patrones con Enums que tienen datos

- Extraer valores

```rust
enum Mensaje {
    Texto(String),
    Numero(i32),
}

fn procesar(m: Mensaje) {
    match m {
        Mensaje::Texto(t) => println!("Texto: {}", t),
        Mensaje::Numero(n) => println!("Número: {}", n),
    }
}
```

- Con estructura

```rust
enum Comando {
    Mover { x: i32, y: i32 },
}

fn ejecutar(c: Comando) {
    match c {
```

```
        Comando::Mover { x, y } => {
            println!("Moviendo a la posición ({}, {})", x, y);
        }
    }
}
```

Patrones con rangos

```rust
enum Evento {
    Nivel(i32),
}

match Evento::Nivel(5) {
    Evento::Nivel(n @ 1..=10) => println!("Nivel bajo: {}", n),
    Evento::Nivel(n) => println!("Nivel alto: {}", n),
}
```

Enums con Métodos

Los enums también pueden tener métodos.

```rust
enum Estado {
    Online,
    Offline,
}

impl Estado {
    fn esta_activo(&self) -> bool {
        matches!(self, Estado::Online)
    }
}
```

Uso:

```rust
let e = Estado::Online;

println!("{}", e.esta_activo()); // true
```

Imprimir Enum

```rust
#[derive(Debug)]
enum Direccion {
    Norte,
    Sur,
    Este,
    Oeste,
}

fn main() {
    let dir = Direccion::Norte;
```

```
    println!("{:?}", dir);
}
```

Generic Types

Los genéricos permiten escribir código que funciona con múltiples tipos sin duplicar lógica. Son fundamentales en Rust porque habilitan:

- Reutilización de código
- Flexibilidad sin perder seguridad
- Rendimiento máximo gracias a la monomorfización

¿Qué son los genéricos?

Un generic type es un "comodín de tipos" que le permite al compilador crear múltiples versiones de una misma estructura, enum o función, una por cada tipo concreto que uses, sin que tengas que escribir el código una y otra vez.

- En lugar de decir:

  "Esta estructura solo sirve para i32"

- Dices:

  "Esta estructura sirve para cualquier tipo y le pondré de nombre T y tú como compilador, generas la versión correcta cuando se use con i32, String, User, etc."

Sintaxis:

```rust
fn identidad<T>(valor: T) -> T {
    valor
}
```

`<T>` es un parámetro de tipo genérico. Esto significa que la función funciona para:

- `i32`, `String`, `bool` etc
- incluso para tipos definidos por el usuario.

Ejemplo:

```rust
let n = identidad(10);
let s = identidad("hola");
let b = identidad(true);
```

Rust genera una versión optimizada para cada tipo utilizado **monomorfización**.

Genéricos en estructuras

Puedes declarar un struct que acepte tipos genéricos:

```rust
struct Punto<T> {
    x: T,
    y: T,
}
```

Uso:

```rust
let p1 = Punto { x: 10, y: 20 };
let p2 = Punto { x: 3.5, y: 6.1 };
let p3 = Punto { x: "hola", y: "mundo" };
```

Incluso diferentes tipos en un mismo struct:

```rust
struct Par<T, U> {
    a: T,
    b: U,
}

let par = Par { a: "edad", b: 24 };
```

Métodos genéricos `impl<T>`

También puedes definir métodos dentro de un impl genérico:

```rust
struct Contenedor<T> {
    valor: T,
}

impl<T> Contenedor<T> {
    fn obtener(&self) -> &T {
        &self.valor
    }
}
```

Incluso métodos adicionales para un tipo concreto:

```rust
impl Contenedor<i32> {
    fn es_par(&self) -> bool {
        self.valor % 2 == 0
    }
}
```

Funciones con múltiples genéricos

Una función puede tener dos, tres o más tipos genéricos, cada uno con sus propias restricciones.

```rust
fn mezclar<T, U, V>(a: T, b: U, c: V) -> (T, U, V) {
    (a, b, c)
}
```