

# Metodología de la Programación

## Tema 5. Clases II: Sobrecarga de operadores

Andrés Cano Utrera  
(acu@decsai.ugr.es)  
Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.



Curso 2016-17

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Introducción a la sobrecarga de operadores

- C++ permite usar un conjunto de operadores con los tipos predefinidos que hace que el código sea muy **legible y fácil de entender**.
- Por ejemplo, la expresión:

$$a + \frac{b \cdot c}{d \cdot (e + f)}$$

se calcularía en C++ con `a+(b*c)/(c*(e+f))`

- Si usamos un tipo que no dispone de esos operadores escribiríamos:  
`Suma(a,Divide(Producto(b,c),Producto(c,Suma(e,f))))`  
que es más engorroso de escribir y entender.

## Introducción a la sobrecarga de operadores

- C++ permite **sobrecargar** casi todos sus operadores en nuestras propias clases, para que podamos usarlos con los objetos de tales clases.
- Para ello, definiremos un método o una función cuyo nombre estará compuesto de la palabra `operator` junto con el operador correspondiente. Ejemplo: `operator+()`.
- Esto permitirá usar la siguiente sintaxis para hacer cálculos con objetos de nuestras propias clases:  

```
Polinomio p, q, r;
// ...
r= p+q;
```
- No puede modificarse la sintaxis de los operadores (número de operandos, precedencia y asociatividad).
- No deberíamos tampoco modificar la semántica de los operadores.

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores `<<` y `>>`
  - Sobrecarga del operador `<<`
  - Sobrecarga del operador `>>`
  - Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Operadores que pueden sobrecargarse

+	-	*	/	%	^	&		~	«	»
=	+=	-=	*=	/=	%=	^=	&=	=	»=	«=
==	!=	<	>	<=	>=	!	&&		++	--
->*	,	->	[]	()	new	new[]	delete	delete[]		

- Los operadores que no pueden sobrecargarse son:

.	.*	::	?:	sizeof
---	----	----	----	--------

- Al sobrecargar un operador no se sobrecargan automáticamente operadores relacionados.

*Por ejemplo, al sobrecargar `+` no se sobrecarga automáticamente `+=`, ni al sobrecargar `==` lo hace automáticamente `!=`.*

## Sobrecarga como función externa

### Sobrecarga como función externa

Consiste en añadir una función externa a la clase, que recibirá dos objetos (o uno para operadores unarios) de la clase y devolverá el resultado de la operación.

```
Polinomio operator+(const Polinomio &p1, const Polinomio &p2);
```

- Cuando el compilador encuentre una expresión tal como `p+q` la interpretará como una llamada a la función `operator+(p,q)`
- Incluso podríamos sobrecargar el operador aunque los dos operandos sean de tipos distintos:
  - Suma de Polinomio con float: `pol+3.5`  

```
Polinomio operator+(const Polinomio &p1, float f);
```
  - Suma de float con Polinomio: `3.5+pol`  

```
Polinomio operator+(float f, const Polinomio &p1);
```

## Sobrecarga como función externa

```
Polinomio operator+(const Polinomio &p1, const Polinomio &p2){
    int gmax=(p1.obtenerGrado()>p2.obtenerGrado())?
        p1.obtenerGrado():p2.obtenerGrado();
    Polinomio resultado(gmax);
    for(int i=0;i<=gmax;++i){
        resultado.asignarCoeficiente(i,
            p1.obtenerCoeficiente(i)+p2.obtenerCoeficiente(i));
    }
    return resultado;
}

int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = operator+(p2,p3);
}
```

## Sobrecarga como función miembro

### Sobrecarga como función miembro

Consiste en añadir un método a la clase, que recibirá un objeto (o ninguno para operadores unarios) de la clase y devolverá el resultado de la operación.

- ```
Polinomio Polinomio::operator+(const Polinomio &p) const;
```
- Cuando el compilador encuentre una expresión tal como  $p+q$  la interpretará como una llamada al método `p.operator+(q)`
  - También podríamos sobrecargar así el operador con un operando de tipo distinto:
    - Suma de Polinomio con float:  $pol+3.5$ 

```
Polinomio Polinomio::operator+(float f) const;
```
    - Sin embargo no es posible definir así el operador para usarlo con expresiones del tipo:  $3.5+pol$

## Sobrecarga como función miembro

```
Polinomio Polinomio::operator+(const Polinomio &pol) const{
    int gmax=(this->obtenerGrado()>pol.obtenerGrado())?
        this->obtenerGrado():pol.obtenerGrado();
    Polinomio resultado(gmax);
    for(int i=0;i<=gmax;++i){
        resultado.asignarCoeficiente(i,
            this->obtenerCoeficiente(i)+pol.obtenerCoeficiente(i));
    }
    return resultado;
}

int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = p2.operator+(p3);
}
```

## Sobrecarga como función miembro o externa

- La sobrecarga de un operador con una **función miembro** puede hacerse si tenemos acceso al código fuente de la clase y el primer operando es del tipo de la clase.  
**Ejemplo:** Para sumar dos polinomios, podemos sobrecargar `operator+` en la clase `Polinomio` con una función miembro, pues tenemos acceso a su implementación.
 

```
Polinomio Polinomio::operator+(const Polinomio &pol) const{
    ...
}
```

```
int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = p2.operator+(p3);
}
```
- El lenguaje obliga a que los operadores `()`, `[]`, `->` y los operadores de asignación (segunda fila en la tabla de la página 6), sean implementados como **funciones miembro**.

## Sobrecarga como función miembro o externa

- Si el primer operando debe ser un objeto de una clase diferente, debemos sobrecargarlo como **función externa**.
- Ejemplo:** El operador + para concatenar un string con un Polinomio lo implementaremos con una función externa.

```
string operator+(const string& cadena, const Polinomio& pol){
    ...
}
```

```
int main(){
    Polinomio p;
    string s1="Polinomio: ", s2;
    ...
    s2 = s1 + p; // equivale a s2 = operator+(s1, p);
}
```

- También, si el primer operando debe ser un dato de un tipo primitivo, debemos sobrecargarlo como **función externa**.

```
Polinomio operator+(int i, const Polinomio& pol){
    ...
}

int main(){
    Polinomio p1, p2;
    int i;
    ... // dar valores a coeficientes de p1 y p2
    p1 = i + p2; // equivale a p1 = operator+(i, p2);
}
```

## Contenido del tema

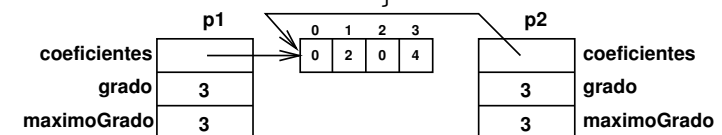
- Introducción a la sobrecarga de operadores
- Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- El operador de asignación**
- La clase mínima
- Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- Operador de indexación
- Operadores de asignación compuestos
- Operadores relacionales
- Operadores de incremento y decremento
- Operador de llamada a función

## El operador de asignación

- En el siguiente código, la sentencia de asignación no funciona bien, ya que hace que p1 y p2 compartan la misma memoria dinámica al no haberse definido el método operator=.
- Cuando se ejecuta el destructor de p2 se produce un error al intentar liberar la memoria dinámica que liberó el destructor de p1.

```
class Polinomio {
private:
    float *coef;
    int grado;
    int maximoGrado;
public:
    Polinomio(int maxGrado=10);
    ~Polinomio();
    ...
};

int main(){
    Polinomio p1, p2;
    p1.asignarCoeficiente(3,4);
    p1.asignarCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.print();
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.print();
}
```



## El operador de asignación: primera aproximación

```
void operator=(const Polinomio &pol);
```

- Cuando realizamos una asignación del tipo  $p=q$ , el compilador lo interpreta como la llamada  $p.operator=(q)$ .
- Para evitar una copia innecesaria de  $q$ , pasamos el parámetro por referencia añadiendo `const`.
- En una asignación  $p=q$  se da valor a un objeto que ya estaba construido ( $*this$  ya está construido).
- En el constructor de copia se da valor a un objeto que está por construir.
- Por ello, en el operador de asignación debemos empezar liberando la memoria dinámica alojada en  $*this$ .
- El resto es idéntico al constructor de copia.

## El operador de asignación: primera aproximación

```
void Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    delete[] this->coeficientes;
    this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
    this->grado=pol.grado;
    this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
}
```

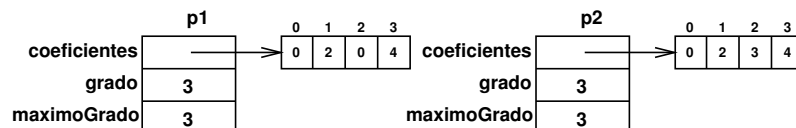
- Podemos ver que coincide con el constructor de copia, excepto en la primera línea.

## El operador de asignación: primera aproximación

```
class Polinomio {
private:
    float *coeficientes;
    int grado;
    int maximoGrado;
public:
    Polinomio(int maxGrado=10);
    ~Polinomio();
    ...
    void operator=(const Polinomio &pol);
};

void Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    delete[] this->coeficientes;
    this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
    this->grado=pol.grado;
    this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
}
```

```
int main(){
    Polinomio p1, p2;
    p1.asignarCoeficiente(3,4);
    p1.asignarCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.print();
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.print();
    p2.asignarCoeficiente(2,3);
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.print();
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.print();
}
```



## El operador de asignación: segunda aproximación

```
Polinomio& operator=(const Polinomio &pol);
```

- Recordemos que el operador de asignación puede usarse de la siguiente forma:  $p=q=r=s$ ;
- C++ evalúa la expresión anterior de derecha a izquierda, de forma que lo primero que realiza es  $r=s$ .
- El resultado de esta última expresión ( $r=s$ ) es el objeto que queda a la izquierda ( $r$ ), que se usa para evaluar el siguiente operador de asignación (asignación a  $q$ ).
- Por tanto `operator=` debe devolver el mismo tipo de la clase (`Polinomio` en este caso).
- Para que la llamada a  $r.operator=(s)$  devuelva el objeto  $r$  es necesario que la devolución sea por referencia.

## El operador de asignación: segunda aproximación

```
Polinomio& Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    delete[] this->coeficientes;
    this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
    this->grado=pol.grado;
    this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
    return *this;
}
```

- Como podemos ver, el método devuelve (por referencia) el objeto actual.

## El operador de asignación: implementación final

```
Polinomio& operator=(const Polinomio &pol);
```

- En el caso de realizar una asignación del tipo p=p nuestro operador de asignación no funcionaría bien.
- En tal caso, dentro del método operator=, \*this y pol son el mismo objeto.

```
Polinomio& Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    if(&pol!=this){
        delete[] this->coeficientes;
        this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
        this->grado=pol.grado;
        this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
        for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
            this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
    }
    return *this;
}
```

## El operador de asignación: esquema genérico

```
CLASE& operator=(const CLASE &p);
```

- En una clase que tenga datos miembro que usen memoria dinámica, éste sería el esquema genérico que debería tener operator=.

```
CLASE& CLASE::operator=(const CLASE &p)
{
    if (&p!=this) { // Si no es el mismo objeto
        // Si *this tiene memoria dinamica -> liberarla
        // Copiar p en *this (reservar nueva memoria y copiar)
    }
    return *this; // Devolver referencia a *this
}
```

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## La clase mínima

- En una clase, normalmente construiremos un constructor por defecto.
- Cuando la clase tiene datos miembro que usan memoria dinámica, añadiremos el destructor, constructor de copia y operador de asignación.

```
class Polinomio {
private:
    float *coeficientes;    // Array con los coeficientes
    int grado;              // Grado de este polinomio
    int maximoGrado;        // Maximo grado permitido en este polinomio
public:
    Polinomio();            // Constructor por defecto
    Polinomio(const Polinomio &p); // Constructor de copia
    ~Polinomio();           // Destructor
    Polinomio& operator=(const Polinomio &pol);
    void asignarCoeficiente(int i, float c);
    float obtenerCoeficiente(int i) const;
    int obtenerGrado() const;
};
```

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Funciones miembro predefinidas

C++ proporciona una implementación por defecto para el constructor por defecto, destructor, constructor de copia y operador de asignación.

- Si no incluimos ningún constructor, C++ proporciona el **constructor por defecto** que tiene un cuerpo vacío.
- Si no incluimos el **destructor**, C++ proporciona uno con cuerpo vacío.
- Si no incluimos el **constructor de copia**, C++ proporciona uno que hace una copia de cada dato miembro llamando al constructor de copia de la clase a la que pertenece cada uno.
- Si no incluimos el **operador de asignación**, C++ proporciona uno que hace una asignación de cada dato miembro de la clase.

## Sobrecarga del operador <<

### Operador << (operador de salida)

Se usa para enviar el contenido de un objeto a un flujo de salida (por ej. cout)

- Podemos sobrecargar el operador << para mostrar un objeto usando la sintaxis `cout << p` (equivalente a `cout.operator<<(p)`).
- Puesto que no podemos añadir un método a la clase ostream (a la que pertenece cout), usamos una **función externa**.



```
ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p){
    flujo<<p.obtenerCoeficiente(p.obtenerGrado()); // Termina grado mayor
    if(p.obtenerGrado()>0)
        flujo<<"x^"<<p.obtenerGrado();
    for(int i=p.obtenerGrado()-1;i>=0;--i){ // Recorrer resto de terminos
        if(p.obtenerCoeficiente(i)!=0.0){ // Si el coeficiente no es 0.0
            flujo<<" + "<<p.obtenerCoeficiente(i); // lo imprimimos
            if(i>1)
                flujo<<"x^"<<i;
            else if (i==1)
                flujo<<"x";
        }
    }
    flujo<<endl;
    return flujo;
}
```

## Sobrecarga del operador <<: Ejemplo de uso

```
ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p){
    flujo<<p.obtenerCoeficiente(p.obtenerGrado()); // Imprimir termino grado mayor
    if(p.obtenerGrado()>0)
        flujo<<"x^"<<p.obtenerGrado();
    for(int i=p.obtenerGrado()-1;i>=0;--i){ // Recorrer el resto de terminos
        if(p.obtenerCoeficiente(i)!=0.0){ // Si el coeficiente no es 0.0
            flujo<<" + "<<p.obtenerCoeficiente(i) // lo imprimimos
            if(i>1)
                flujo<<"x^"<<i;
            else if (i==1)
                flujo<<"x";
        }
    }
    flujo<<endl;
    return flujo;
}

int main(){
    Polinomio p1,p2;
    p1.asignarCoeficiente(3,4);
    p1.asignarCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    p2.asignarCoeficiente(5,3);
    cout<<p1<<p2<<endl;
}
```

## Sobrecarga del operador <<

- La función hace una devolución por referencia del flujo (ostream&).
- Esto se hace para poder usar sentencias como las siguientes:

```
Polinomio p1, p2;
... // Dar valor a coeficientes de p1 y p2
cout << p1;
cout << p1 << p2;
```

- cout << p1 << p2 se evalúa de izquierda a derecha:  
(cout << p1) << p2;

## Sobrecarga del operador >>

### Operador >> (operador de entrada)

Se usa para leer el contenido de un objeto desde un flujo de entrada (por ej. cin).

- Podemos sobrecargar el operador >> para leer un objeto usando la sintaxis cin >> p (equivalente a cin.operator>>(p)).
- De nuevo, puesto que no podemos añadir un método a la clase istream (a la que pertenece cin), sobrecargaremos este operador con una **función externa**.



## Sobrecarga del operador &gt;&gt;

```
istream& operator>>(std::istream &flujo, Polinomio &p){
    int g;
    float v;
    do{
        flujo>> v >> g; //Introducir en la forma "valor grado"
        if(g>=0){
            p.asignarCoeficiente(g,v);
        }
    }while(g>=0);
    return flujo;
}
```

- De nuevo, el método devuelve por referencia el flujo (istream&).
- Esto se hace para poder usar sentencias como las siguientes:  
 Polinomio p1, p2;  
 cin >> p1;  
 cin >> p1 >> p2;
- cin >> p1 >> p2 se evalúa de izquierda a derecha:  
 (cin >> p1) >> p2;

## Sobrecarga del operador &lt;&lt; con una función amiga

```
class Polinomio {
    float *coeficientes; // Array con los coeficientes
    int grado; // Grado de este polinomio
    int maximoGrado; // Maximo grado permitido en este polinomio
    void inicializar();
public:
    ...
    friend ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p)
};
ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p){
    flujo<<p.coeficientes[p.grado]; // Termino de grado mayor
    if(p.grado>0)
        flujo<<"x"<<p.grado;
    for(int i=p.grado-1;i>=0;--i)//Recorrer resto de terminos
        if(p.coeficientes[i]!=0.0){ // Si el coeficiente no es 0.0
            flujo<<" + "<<p.coeficientes[i];
            if(i>1)
                flujo<<"x"<<i;
            else if (i==1)
                flujo<<"x";
        }
    flujo<<endl;
    return flujo;
}
```

## Sobrecarga del operador &gt;&gt;: Ejemplo

```
istream& operator>>(std::istream &flujo, Polinomio &p){
    int g;
    float v;
    do{
        flujo>> v >> g; //Introducir coeficientes en la forma "coeficiente grado"
        if(g>=0){ // Se introduce grado<0 para terminar
            p.asignarCoeficiente(g,v);
        }
    }while(g>=0);
    return flujo;
}
int main(){
    Polinomio p1;
    cout<<"Introduce polinomio \"coeficiente grado\" con 0 -1 para terminar: ";
    cin>>p1;
    cout<<"Polinomio="<<p1;
}
```

## Contenido del tema

- Introducción a la sobrecarga de operadores
- Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- El operador de asignación
- La clase mínima
- Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- Operador de indexación
- Operadores de asignación compuestos
- Operadores relacionales
- Operadores de incremento y decremento
- Operador de llamada a función

## Operador de indexación

### Operador de indexación

La función `operator[]` permite sobrecargar el operador de indexación.

- Debe realizarse usando un método de la clase con un parámetro (índice) que podría ser de cualquier tipo.
- De esta forma podremos cambiar la sintaxis:

```
x = p.obtenerCoeficiente(i);
```

por esta otra:

```
x = p[i];
```

## Operador de indexación

- Para poder usar este operador con un Polinomio constante, como por ejemplo en el siguiente código:

```
void funcion(const Polinomio& p){
    ...
    x = p[i];
    ...
}
```

debemos definir también la siguiente versión constante del método:

```
float Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

- Podemos implementar la versión constante del método de manera que no sea necesaria la copia del resultado al punto de llamada:

```
const float& Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

## Operador de indexación

- Una primera aproximación podría ser:

```
float Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

- Pero, si queremos cambiar la sintaxis:

```
p.asignarCoeficiente(i, x);
```

por esta otra:

```
p[i] = x;
```

necesitamos modificarlo:

```
float& Polinomio::operator[](int i){
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

## Operador de indexación

- La versión final de la implementación de este operador quedaría como:

```
float& Polinomio::operator[](int i) {
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}

const float& Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}

int main(){
    Polinomio p1;
    float x;
    ...
    const Polinomio p2=p1;
    x=p2[j]; // Usa const float& Polinomio::operator[](int i) const
    p1[i]=x; // Usa float& Polinomio::operator[](int i)
}
```

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Operadores de asignación compuestos

### Operadores de asignación compuestos

Son los operadores +=, -=, \*=, /=, %=, ^=, &=, |=, >>=, <<=

- Tener implementado el operador + y el operador = no supone la existencia automática del operador +=, y así con el resto: debemos implementarlo de **forma explícita**.
- Obligatoriamente deben implementarse con una función miembro.
- Estos operadores deben devolver una referencia al objeto usado en la llamada, para así poder hacer por ejemplo:

```
p3 = (p1 += p2);
```

- Implementación:

```
Polinomio& Polinomio::operator+=(const Polinomio& pol){
    (*this) = (*this) + pol;
    return *this;
}
```

## Operadores relacionales

### Operadores relacionales

Son los operadores binarios ==, !=, <, >, <= y >=, que devuelven un valor booleano.

- Se usan cuando es necesario establecer una **relación de orden** entre los objetos de la clase.
- El definir una parte de los operadores no implica que los demás lo estén de forma automática.  
**Ejemplo:** si definimos el operador ==, el operador != no estará definido de forma automática.

## Operadores relacionales

### Ejemplo: operador < en Polinomio

- $pol1 < pol2$  si  $pol1$  tiene grado menor o si son del mismo grado su coeficiente máximo es menor que el de  $pol2$

```
bool Polinomio::operator<(const Polinomio& pol) const{
    bool menor = this->obtenerGrado() < pol.obtenerGrado() ? true : false;
    if (!menor){
        bool iguales = this->obtenerGrado() == pol.obtenerGrado() ? true : false;
        if(iguales){
            menor = coeficientes[this->obtenerGrado()] <
                    pol.coeficientes[this->obtenerGrado()] ? true : false;
        }
    }
    return menor;
}
```

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Operadores de incremento y decremento (++ y --)

### Operadores de incremento y decremento

Son operadores unarios que tienen dos versiones: *pre* y *pos*, tanto para incremento como para decremento.

```
Polinomio& Polinomio::operator++(){
    *this = *this + 1;
    return *this;
}
Polinomio& Polinomio::operator--(){
    *this = *this - 1;
    return *this;
}
int main(){
    Polinomio pol;
    ...
    ++pol;
    ...
    --pol;
}
```

## Operadores de incremento y decremento (++ y --)

### Operadores de posincremento y posdecremento

Los nombres de las funciones para los operadores *pos* coinciden con los *pre*.

Por ello, el estándar de C++ propone que:

- Cuando el compilador encuentra  $++obj$ , se genera una llamada a  $obj.operator++()$ .
- Cuando el compilador encuentra  $obj++$ , se genera una llamada a  $obj.operator++(0)$ . En este caso se añade un valor entero a la llamada, que no se usa para nada, pero que sirve para distinguirla de la anterior.

## Operadores de incremento y decremento (++ y --)

```

Polinomio Polinomio::operator++(int valor){
    Polinomio aux(*this);
    *this = *this + 1;
    return aux;
}
Polinomio Polinomio::operator--(int valor){
    Polinomio aux(*this);
    *this = *this - 1;
    return aux;
}
int main(){
    Polinomio pol;
    ...
    pol++;
    ...
    pol--;
}

```

¡Cuidado!

La devolución en este caso debe hacerse por valor. ¿Por qué?

## Operador de llamada a función

### Operador de llamada a función

Es la función `operator()` que obligatoriamente se implementará como función miembro.

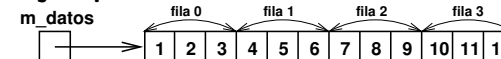
Puede implementarse con cualquier número de parámetros (podemos tener varias versiones de este operador).

## Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
  - Sobrecarga del operador <<
  - Sobrecarga del operador >>
  - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## Operador de llamada a función

### Ejemplo:



```

class Matriz {
    double* m_datos;
    int m_filas, m_columnas;
public:
    Matriz(int nf, int nc){
        m_filas=nf;
        m_columnas=nc;
        m_datos = new double[m_filas*m_columnas];
    }
    double& operator() (int fila, int columna){
        assert(fila>=0 && fila<m_filas && columnas >=0 && columna<m_columnas);
        return m_datos[fila*m_columnas + columna];
    }
    const double& operator() (int fila, int columna) const{
        assert(fila>=0 && fila<m_filas && columnas >=0 && columna<m_columnas);
        return m_datos[fila*m_columnas + columna];
    }
}

```

## Operador de llamada a función

```
int main(){  
    Matriz m(4,3);  
    ...  
    cout<<m(3,2)<<endl;  
    m(3,2) = 7.4;  
}
```