

# 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.



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Curso 2022-2023

# 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 relationales

### 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:

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

se calcularía en C++ con:

```
resultado = a+(b*c)/(d*(e+f))
```

- Si usamos un tipo que no dispone de esos operadores escribiríamos:

```
resultado = Suma(a,Divide(Producto(b,c),Producto(d,Suma(e,f))))
```

que es más engoroso 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.

# 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 !=.*

# 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 relationales

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 relationales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

# 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.getGrado()>p2.getGrado())?  
        p1.getGrado():p2.getGrado();  
    Polinomio resultado(gmax);  
    for(int i=0;i<=gmax;++i){  
        resultado.setCoeficiente(i,  
            p1.getCoeficiente(i)+p2.getCoeficiente(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);  
}
```

# 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 relationales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

# 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->getGrado()>pol.getGrado())?
        this->getGrado():pol.getGrado();
    Polinomio resultado(gmax);
    for(int i=0;i<=gmax;++i){
        resultado.setCoeficiente(i,
            this->getCoeficiente(i)+pol.getCoeficiente(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);
}
```

# 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 relationales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

## 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 el operador de asignación, 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);  
}
```

# Sobrecarga como función miembro o externa

## Directrices para elegir entre miembro y no-miembro

Según el libro de Rob Murray, C++ Strategies & Tactics , Addison Wesley, 1993, página 47.

Operador	Uso recomendado
Todos los operadores unarios	miembro
= () [] -> ->*	<b>debe</b> ser miembro
+ = -= /= *= ^= &=  = %= >>= <<=	miembro
El resto de operadores binarios	no miembro

# Contenido del tema

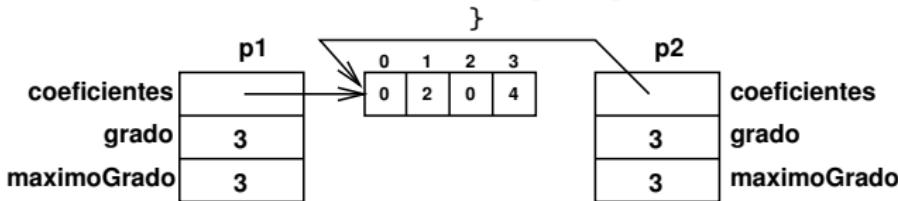
- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
  - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
  - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 **El operador de asignación**
- 4 La 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

# El operador de asignación

- En el siguiente código, la sentencia de asignación no funciona bien, ya que hace que p1 y p2 comparten 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 *coeficientes;
        int grado;
        int maximoGrado;
    public:
        Polinomio(int maxGrado=10);
        ~Polinomio();
        ...
};

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



# 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  $p.\text{operator}=(q)$ .
- 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.

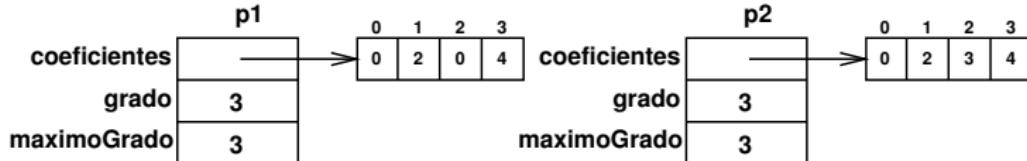
# El operador de asignación: primera aproximación

```

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.setCoeficiente(3,4);
    p1.setCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.imprimir(); cout << endl;
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.imprimir(); cout << endl;
    p2.setCoeficiente(2,3);
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.imprimir(); cout << endl;
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.imprimir();
}

```

# 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

## Esquema genérico del operador de asignación

En una clase que tenga datos miembro que usen memoria dinámica, el esquema genérico del operador de asignación (`operator=`) sería el siguiente:

```
CLASE& CLASE::operator=(const CLASE &p)
{
    if (&p!=this) { // Si no es el mismo objeto
        // Si *this tiene memoria dinámica -> 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;          // Máximo 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 setCoeficiente(int i, float c);  
        float getCoeficiente(int i) const;  
        int getGrado() const;  
};
```

# 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.

# 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 relationales
- 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 >>**
  - Sobreoperator << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relationales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

# 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.getCoeficiente(p.getGrado()); //Mostrar término grado mayor
    if(p.getGrado()>1)
        flujo << "x^" << p.getGrado();
    else if (p.getGrado()==1)
        flujo << "x";
    for(int i=p.getGrado()-1;i>=0;--i){//Recorrer resto de términos
        if(p.getCoeficiente(i)!=0.0){      //Si el coeficiente no es 0.0
            if(p.getCoeficiente(i)>0.0) //imprimir coeficiente positivo
                flujo << " + " << p.getCoeficiente(i);
            else                      //imprimir coeficiente negativo
                flujo << " - " << -p.getCoeficiente(i);
            if(i>1)
                flujo << "x^" << i;
            else if (i==1)
                flujo << "x";
        }
    }
    return flujo;
}

```

## 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 evalua de izquierda a derecha:  
`(cout << p1) << p2;`

# Sobre carga del operador <<: Ejemplo de uso

```

ostream& operator<<(ostream& flujo, const Polinomio& p){
    flujo << p.getCoeficiente(p.getGrado()); //Mostrar término grado mayor
    if(p.getGrado()>1)
        flujo << "x^" << p.getGrado();
    else if (p.getGrado()==1)
        flujo << "x";
    for(int i=p.getGrado()-1;i>=0;--i){//Recorrer resto de términos
        if(p.getCoeficiente(i)!=0.0){      //Si el coeficiente no es 0.0
            if(p.getCoeficiente(i)>0.0) //imprimir coeficiente positivo
                flujo << " + " << p.getCoeficiente(i);
            else                      //imprimir coeficiente negativo
                flujo << " - " << -p.getCoeficiente(i);
        if(i>1)
            flujo << "x^" << i;
        else if (i==1)
            flujo << "x";
    }
}
return flujo;
}
int main(){
    Polinomio p1,p2;
    p1.setCoeficiente(3,4);
    p1.setCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    p2.setCoeficiente(5,3);
    cout<<p1<<p2<<endl;
}

```

# 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 relationales
  - 9 Operadores de incremento y decremento
  - 10 Operador de llamada a función

# 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**.

# Sobre carga del operador >>

```

istream& operator>>(std::istream &flujo, Polinomio &p){
    int g;
    float v;

    p.clear();
    do{
        flujo>> v >> g;//Introducir coeficientes en la forma "coeficiente grado"
        if(g>=0){// Se introduce grado<0 para terminar
            p.setCoeficiente(g,v);
        }
    }while(g>=0);
    return flujo;
}

void Polinomio::clear(){
    if(coeficientes)
        delete[] coeficientes;
    grado=0;
    maximoGrado=10;
    coeficientes=new float[maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        coeficientes[i]=0.0;
}

```

## Sobrecarga del operador >>

- 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 evalua de izquierda a derecha:  
`(cin >> p1) >> p2;`

# Sobrecarga del operador >>: Ejemplo de uso

```
istream& operator>>(std::istream &flujo, Polinomio &p){  
    int g;  
    float v;  
  
    p.clear();  
    do{  
        flujo>> v >> g; //Introducir coeficientes en la forma "coeficiente grado"  
        if(g>=0){ // Se introduce grado<0 para terminar  
            p.setCoeficiente(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

- 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 relationales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

# Sobrecarga del operador << con una función amiga

```
class Polinomio {  
    float *coeficientes;      // Array con los coeficientes  
    int grado;                // Grado de este polinomio  
    int maximoGrado;          // Máximo grado permitido en este polinomio  
    void inicializar();  
  
public:  
    ...  
    friend ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p);  
};
```

# Sobre carga del operador << con una función amiga

```
ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p){  
    flujo << p.coeficientes[p.grado]; // Término de grado mayor  
    if(p.grado>1)  
        flujo << "x^" << p.grado;  
    else if(p.grado==1)  
        flujo << "x";  
    for(int i=p.grado-1;i>=0;--i){//Recorrer resto de términos  
        if(p.coeficientes[i]!=0.0){ // Si el coeficiente no es 0.0  
            if(p.coeficientes[i]>0.0)  
                flujo << " + " << p.coeficientes[i];  
            else  
                flujo << " - " << -p.coeficientes[i];  
            if(i>1)  
                flujo << "x^" << i;  
            else if (i==1)  
                flujo << "x";  
        }  
    }  
    return flujo;  
}
```

# 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 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.getCoeficiente(i);`

por esta otra:

`x = p[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.setCoeficiente(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

- 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

- 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

# 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**.
- Estos operadores deben devolver una referencia al objeto usado en la llamada, para así poder hacer por ejemplo:  
`p3 = (p1 += p2);`
- Implementación como función miembro:

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

- Es posible también implementarlos como función externa:

```
Polinomio& operator+=(Polinomio& pol1, const Polinomio& pol2){
    pol1 = pol1 + pol2;
    return pol1;
}
```

# 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 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 que pol2, 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->getGrado()<pol.getGrado() ? true : false;
    if (!menor){
        bool iguales = this->getGrado()==pol.getGrado() ? true : false;
        if(iguales){
            menor = coeficientes[this->getGrado()]<
                    pol.coeficientes[this->getGrado()] ? 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 relationales
- 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?

# 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 relationales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

# Operador de llamada a función

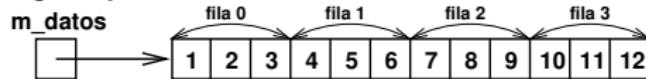
## Operador de llamada a función

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).

# 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;
}
```