

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 2014-15

Contenido del tema

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

Contenido del tema

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

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 Referencias**
- 3 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
- 4 El operador de asignación
- 5 La clase mínima
- 6 Operadores `<<` y `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<`
 - Sobrecarga del operador `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga
- 7 Operador de indexación

Operadores que pueden sobrecargarse

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

Referencias

Referencia

Es una especie de alias a otro dato u objeto. Se usa en:

- Paso de parámetros por referencia en una función o método
- Referencias como alias a otras variables
- Devolución por referencia desde una función

Referencias como alias a otras variables

Sintaxis

<tipo> & <identificador> = <iniciador> ;

Las variables referencia deben **inicializarse** en su declaración y **no pueden reasignarse** como alias a otras variables.

- **Ejemplo 1:**

```
int a=0;
int &ref=a;
ref=5;
cout<<a<<endl;
```

- **Ejemplo 2:**

```
int v[5]={1,2,3,4,5};
int &ref=v[3];
ref=0;
cout<<v[3]<<endl;
```

Devolución por referencia

Una función puede devolver una referencia a un dato u objeto

```
int& valor(int *v, int i){
    return v[i];
}
```

La referencia puede usarse en el lado derecho de una asignación

```
int main(){
    int v[]={3,5,2,7,6};
    int a=valor(v,3);
}
```

Pero también en el lado izquierdo de la asignación

```
int main(){
    int v[]={3,5,2,7,6};
    valor(v,3)=0;
}
```

Devolución por referencia

Devolución de referencias a datos locales

La devolución de referencias a datos locales a una función es un error típico: Los datos locales se destruyen al terminar la función.

```
#include <iostream>
using namespace std;
int& funcion()
{
    int x=3;
    return x; // Error: devolucion referencia a variable local
}
int main()
{
    int y=funcion();
    cout << y << endl;
}
```

Devolución por referencia

Quando una función devuelve una referencia, podemos hacer que ésta sea const.

```
const int &valor(const int *v, int i){
    return v[i];
}
int main(){
    int v[3];
    v[2]=3*5; // Correcto
    valor(v,2)=3*5 // Error, pues la referencia es const
    int res=valor(v,2)*3; // Correcto
}
```

Devolución por referencia

Lo mismo ocurre cuando una función devuelve un puntero: podemos hacer que éste sea `const`.

```
const int *valor(int *v, int i){
    return v+i;
}

int main(){
    int v[3];
    v[2]=3*5; // Correcto
    *(valor(v,2))=3*5; // Error, pues el puntero devuelto es const
    int res=*(valor(v,2))*3; // Correcto
}
```

Contenido del tema

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

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: $3.5+pol$

Contenido del tema

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

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;
}

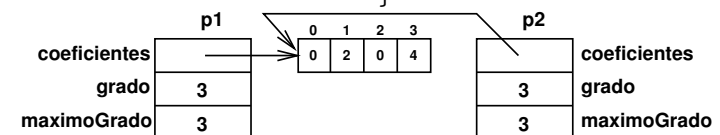
int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = p2.operator+(p3);
}
```

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];
}
```

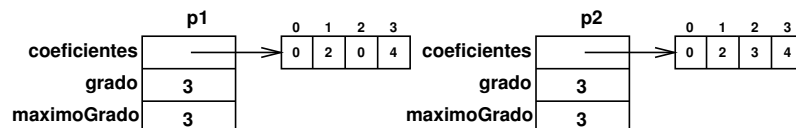
- Podemos ver que coincide con el constructor de copia, excepto en la primera línea.

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 Referencias
- 3 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
- 4 El operador de asignación
- 5 La clase mínima
- 6 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 7 Operador de indexación

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 Referencias
- 3 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
- 4 El operador de asignación
- 5 La clase mínima
- 6 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 7 Operador de indexación

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 <<

- 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), sobrecargaremos este operador con 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>0) cout<<"x"<<i;
        }
    }
    flujo<<endl;
    return flujo;
}
```


Sobrecarga del operador <<

```
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>0) cout<<"x^"<<i;
        }
    }
    flujo<<endl;
    return flujo;
}
```

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

Sobrecarga del operador <<: Ejemplo

```
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>0) cout<<"x^"<<i;
        }
    }
    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 >>

- También 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.

```
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;
}
```

Sobrecarga del operador >>

```
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 >>: 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

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

Sobrecarga del operador << 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
public:
    ...
    friend ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p)
private:
    void inicializar();
};

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]<<"x^"<<i;
        }
    }
    flujo<<endl;
    return flujo;
}
```

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

- Una primera aproximación podría ser:

```
float Polinomio::operator[](int i){
    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

- Por último, 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 del método:

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