



Universidad Simón Bolívar  
Decanato de Estudios Profesionales  
Coordinación de Ingeniería de la Computación

Graciela

Por:

Moisés Ackerman Lañado

Carlos Spaggiari Roa

PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar  
como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero de Computación

Sartenejas, octubre de 2016



Universidad Simón Bolívar  
Decanato de Estudios Profesionales  
Coordinación de Ingeniería de la Computación

Graciela

Por:

Moisés Ackerman Lañado

Carlos Spaggiari Roa

PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar  
como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero de Computación Sartenejas, octubre de 2016

## Resumen

**Palabras clave:** @palabra1, @palabra2, @palabra3.

# Agradecimientos

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Índice general</b>	<b>III</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>V</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>V</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>VI</b>
<b>Acrónimos y Símbolos</b>	<b>VII</b>
<b>Acrónimos y Símbolos</b>	<b>VII</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Planteamiento del problema . . . . .	1
Justificación . . . . .	1
Antecedentes . . . . .	1
Objetivos . . . . .	1
Objetivo General . . . . .	1
Objetivos Específicos . . . . .	1
Organización del Trabajo . . . . .	2
<b>1. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
1.1. @sección . . . . .	3
1.1.1. @subSección . . . . .	4
1.2. @sección . . . . .	4
1.2.1. @subsección . . . . .	4
1.2.1.1. @subsubsección . . . . .	4

<b>2. Marco Tecnológico</b>	<b>6</b>
<b>3. Desarrollo</b>	<b>7</b>
3.1. Primera etapa . . . . .	8
3.1.1. Revisión del proyecto de Araujo y Jiménez . . . . .	8
3.1.2. Recuperación de errores en análisis sintáctico y Megaparsec . . . . .	8
3.1.3. Consideraciones sobre arreglos . . . . .	9
3.1.4. Consideraciones sobre funciones y procedimientos . . . . .	9
3.1.5. Consideraciones sobre cuantificaciones . . . . .	9
3.1.6. Teoría de conjuntos . . . . .	10
3.1.7. Tipos definidos por el usuario . . . . .	10
3.2. Segunda etapa . . . . .	11
3.2.1. Verificación de tipos . . . . .	11
3.2.2. Apuntadores . . . . .	11
3.2.3. Biblioteca externa para teoría de conjuntos . . . . .	11
3.2.4. Generación de código intermedio . . . . .	12
3.2.5. Colección de programas . . . . .	12
3.3. Tercera etapa . . . . .	13
3.3.1. Generación de código intermedio (cont.) . . . . .	13
3.3.2. Facilidad de instalación para usuarios noveles . . . . .	13
3.3.3. Depuración y análisis de rendimiento . . . . .	13
<b>4. Resultados</b>	<b>15</b>
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>16</b>
 <b>Bibliografía</b>	 <b>16</b>
<b>A. @nombreApendice</b>	<b>17</b>
A.1. @sección . . . . .	17
A.1.1. @subsección . . . . .	17
 <b>B. @nombreApendice</b>	 <b>19</b>

# Índice de figuras

1.1. La popular <i>cebolla</i> . . . . .	3
1.2. @descripcionCorta . . . . .	5
1.3. Gramática . . . . .	5
A.1. Grafo . . . . .	17
A.2. Grafo coloreado (esto sale en la tabla de contenidos) . . . . .	18

# Índice de Tablas

1.1. Resultados X/Y . . . . .	5
-------------------------------	---



# Acrónimos y Símbolos

<b>SIGLAS</b>	<b>S</b> iglas <b>I</b> sla <b>G</b> rafo <b>L</b> aos <b>A</b> ve <b>S</b> erpiente
<b>ACM</b>	<b>A</b> ssociation for <b>C</b> omputing <b>M</b> achinery

---

$\iff$	doble implicación, si y sólo si
$\Rightarrow$	implicación lógica
$[u := v]$	sustitución textual de $u$ por $v$

## *Dedicatoria*

*A @personasImportantes, por @razonesDedicatoria.*

# Introducción

## Planteamiento del problema

## Justificación

## Antecedentes

## Objetivos

### Objetivo General

Extender el compilador del lenguaje Graciela, una variante del GCL (Guarded Command Language) de Dijkstra, implantado por Araujo y Jiménez. Esta extensión deberá soportar tipos de datos definidos por el programador, apuntadores explícitos, manejo de memoria automático, y un mecanismo de aserciones verificables que soporte estas nuevas capacidades.

### Objetivos Específicos

- Revisión bibliográfica relacionada con implantación de compiladores, sistemas de tipos y semántica axiomática.
- Especificación formal de la extensión a Graciela a implantar.

- Evaluación de herramientas que faciliten la construcción del ambiente de ejecución final para manejo automático de memoria.
- Implantación del compilador de la extensión de Graciela a código de máquina nativo.
- Extensión del manual de usuario con las nuevas funcionalidades.

## Organización del Trabajo

# Capítulo 1

## Marco Teórico

### 1.1. @sección

**Definición 1.1.** , donde:

- $X$  es  $\gamma - 2$ .
- $A$  es un conjunto de **cosas**.

La Figura 1.1 muestra el símbolo de nuestra universidad.

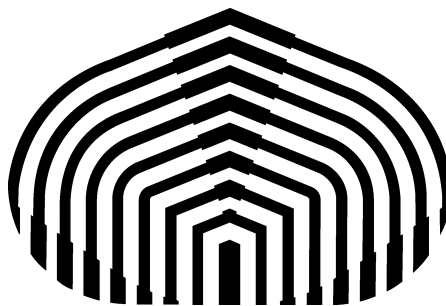


FIGURA 1.1: La popular *cebolla*, símbolo de la USB.

para escribir código  
básico

```
var x = 21;  
if (esto_es_código)      imprimir(foo);  
(lisp (listas (?paréntesis))
```

### 1.1.1. @subSección

## 1.2. @sección

### Teorema 1.2. *Propiedades formales*

1. *First itemtext*
2. *Second itemtext*
3. *Last itemtext*
4. *First itemtext*
5. *Second itemtext*

### 1.2.1. @subsección

#### 1.2.1.1. @subsubsección

1. First itemtext
2. Second itemtext
3. Last itemtext
4. First itemtext
5. Second itemtext

La Figura 1.2 lo muestra.

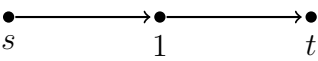


FIGURA 1.2: @descripcionLarga

2. 2

3. 3

1	2
1	2
1	2

. Tabla 1.1.

$$A \longrightarrow B \mid C$$

FIGURA 1.3: Gramática de un lenguaje.

Nombre del experimento			
	éxitos/intentos	tiempo (ms)	espacio (kB)
instancia1	28/30	23	1.7
instancia2	50/70	12	32.7

CUADRO 1.1: Resultados de X para Y

$$\Phi = (\forall x)(Rx)$$

(1.1)

En el Apéndice A se encuentra.

## Capítulo 2

### Marco Tecnológico



# Capítulo 3

## Desarrollo

El diseño y desarrollo de la extensión al compilador de Graciela fueron llevados a cabo en tres etapas, entre marzo y noviembre del año 2016. En la primera etapa, se estudió el estado del compilador elaborado por Araujo y Jiménez, se evaluaron las recomendaciones que sobre la semántica de este lenguaje hizo el jurado de este primer proyecto, se revisó la bibliografía relacionada con el manejo de tipos definidos por el usuario en el contexto de programación formal, se investigó sobre posibles estructuras de datos para implantar tipos que modelen la teoría de conjuntos, se especificó formalmente la sintaxis para las nuevas funcionalidades propuestas y se extendieron los analizadores lexicográfico y sintáctico para concordar con dicha especificación formal.

En la segunda etapa, se completó la verificación de tipos en presencia de tipos definidos por el usuario y tipos que modelan la teoría de conjuntos, se extendió la biblioteca externa de Graciela para soportar expresiones de tipos que modelan la teoría de conjuntos, se inició la extensión al generador de código intermedio LLVM para producir las instrucciones correspondientes a las nuevas funcionalidades y se escribió una colección de programas que ejercitan las capacidades del lenguaje, tanto nuevas como originales, a fin de evaluar que el código generado fuera correcto.

En la tercera etapa, se culminó la extensión al generador de código intermedio iniciada en la etapa anterior, se extendió el manual de usuario para presentar las nuevas funcionalidades del lenguaje, se investigaron formas para permitir que

usuarios noveles instalen el compilador sin mayor dificultad se estudiaron las herramientas necesarias para incorporar facilidades de depuración (*debugging*) y análisis de rendimiento (*profiling*) al compilador.

## 3.1. Primera etapa

### 3.1.1. Revisión del proyecto de Araujo y Jiménez

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.1.2. Recuperación de errores en análisis sintáctico y Megaparsec

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.1.3. Consideraciones sobre arreglos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.1.4. Consideraciones sobre funciones y procedimientos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.1.5. Consideraciones sobre cuantificaciones

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet,

consectetuer adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.1.6. Teoría de conjuntos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.1.7. Tipos definidos por el usuario

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 3.2. Segunda etapa

### 3.2.1. Verificación de tipos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.2.2. Apuntadores

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.2.3. Biblioteca externa para teoría de conjuntos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue,

a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.2.4. Generación de código intermedio

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### 3.2.5. Colección de programas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

### **3.3. Tercera etapa**

#### **3.3.1. Generación de código intermedio (cont.)**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

#### **3.3.2. Facilidad de instalación para usuarios noveles**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

#### **3.3.3. Depuración y análisis de rendimiento**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue,

a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



## Capítulo 4

### Resultados

## Capítulo 5

### Conclusiones y Recomendaciones

1. First itemtext
2. Second itemtext
3. Last itemtext
4. First itemtext
5. Second itemtext

# Apéndice A

## @nombreApendice

### A.1. @sección

#### A.1.1. @subsección

“Saludo”.

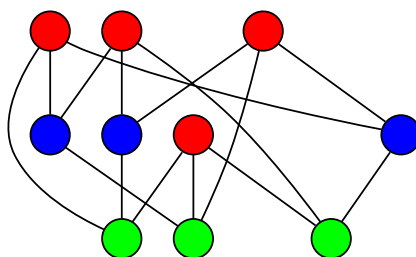


FIGURA A.1: Grafo gris.

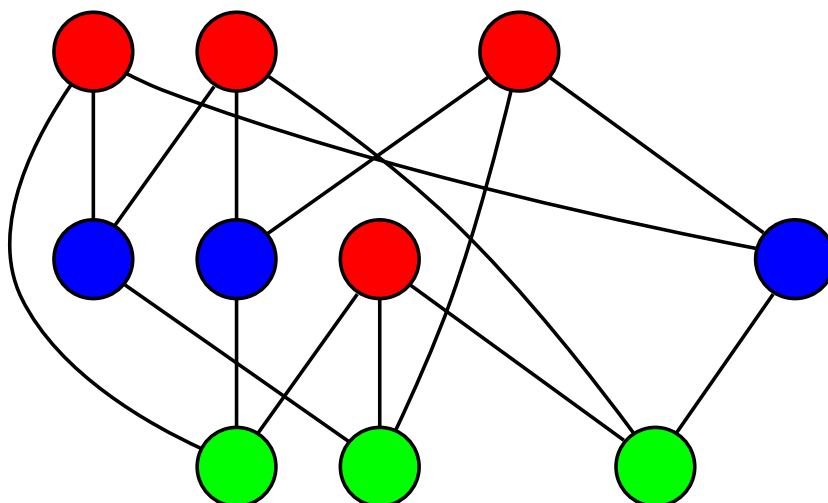


FIGURA A.2: Grafo con color.

# Apéndice B

@nombreApendice

```
1  a := 1
2  if x -> writeln()
3  [] otherwise -> writeln("pepe")
4  fi
```