

Capítulo 1

Introducción a JavaScript

1.1. Historia de JavaScript

JavaScript, comunmente abreviado como JS, es un lenguaje de programación interpretado. En los comienzos, el lenguaje se utilizaba para agregar dinamismo del lado del cliente a las páginas web. Sin embargo, hoy en día se pueden crear aplicaciones de escritorio o del lado del servidor.

El lenguaje fue creado por **Brendan Eich** en 1995, quien en ese entonces trabajaba para Netscape. Eich denominó a su lenguaje LiveScript, y el objetivo inicial del lenguaje era solucionar problemas de validación de formularios complejos en el lado del cliente para el navegador Netscape Navigator, tratando de adaptarlo a tecnologías ya existentes.

La empresa Netscape junto con Sun Microsystems desarrollaron en conjunto este lenguaje de programación. Pero por cuestiones de mercado antes del lanzamiento, Netscape decidió cambiar el nombre del lenguaje a JavaScript (ya que en ese entonces Java estaba de moda en el mundo informático).

Al poco tiempo, la empresa Microsoft lanzó JScript para Internet Explorer. Para no entrar en una guerra informática, Netscape decidió que lo mejor sería estandarizar el lenguaje. Para ello, enviaron la especificación de JavaScript 1.1 al organismo ECMA (European Computer Manufacturers Association).

ECMA creó el comité TC39 con el objetivo de *"estandarizar de un lenguaje de script multiplataforma e independiente de cualquier empresa"*. El primer estándar que creó el comité TC39 se denominó ECMA-262, en el que se definió por primera vez el lenguaje ECMAScript (abreviado comunmente como ES).

Es así entonces, que cuando hablamos de JavaScript, estamos haciendo referencia a una implementación de lo que se conoce como ECMAScript. El estándar ha ido evolucionando con el paso del tiempo. En la actualidad, la mayoría de los navegadores corren algún intérprete que soporta la mayoría de las características de las versiones 5.1 y 6.

Aunque la última versión sea la de ECMAScript 8 (lanzada en Junio de 2017), la versión 6 es más popular, ya que en ésta se han agregado muchos cambios significativos para el lenguaje. En este documento se hará énfasis en las versiones 5.1 y 6.

1.2. JavaScript en la actualidad

Después de más de 20 años de existencia, los usos del lenguaje han cambiado. JavaScript ya no es más un lenguaje para hacer validaciones de formularios complejos en páginas de Internet, ni tampoco para agregar dinamismo o animaciones a las páginas.

En la actualidad, se puede afirmar que JavaScript está en «la cresta de la ola». ¿Qué se puede hacer hoy en día con JavaScript?

- Páginas Web – Pareciera la respuesta obvia, sin embargo la forma de crear sitios web ha cambiado con el paso del tiempo. Hoy en día existe una gran cantidad de librerías y frameworks basados en JavaScript, tales como **React**, **AngularJS** o **Vue.JS**, entre otros.
- Aplicaciones móviles – Se pueden crear aplicaciones para celulares o dispositivos móviles programando en JavaScript, usando **Apache Cordova**, **Sencha**, **Ionic**, **NativeScript** o **Tabris.JS**.
- Aplicaciones de escritorio – Así como recién se hizo mención de las aplicaciones móviles, las de escritorio no se quedan atrás. Algunos frameworks como **Electron** ó **NW.JS** permiten crear aplicaciones multiplataforma.
- Robots – Mediante frameworks como **Cylon.JS** se pueden manejar dispositivos de hardware o robots. También existen kits basados en Arduino para programar en JS, tales como **Johnny-Five** o **Nodebots**.
- Aplicaciones de consola – Existen librerías que facilitan el uso de la creación de aplicaciones de línea de comandos (CLI).
- Machine Learning – Así como Python tiene una gran base de librerías para prototipar sistemas que apliquen Machine Learning, en este último tiempo la comunidad de JavaScript ha seguido los mismos pasos.

1.3. Características del lenguaje

JavaScript es un lenguaje de alto nivel, interpretado y multiparadigma. Es dinámica y débilmente tipado.

Posee herencia basada en prototipos. Este tipo de herencia es muy particular, y muy pocos lenguajes lo tienen.

Se dice que es multiparadigma porque soporta los paradigmas imperativo, funcional, orientado a objetos (prototipado) y dirigido por eventos.

En el ecosistema de la Web, JavaScript es uno de los lenguajes más populares. Todos los navegadores en la actualidad tienen un intérprete del lenguaje.

Si bien tiene bastantes partes criticables, JavaScript tiene la fama de ser un lenguaje «liviano» y «expresivo».

1.3.1. Influencias

JavaScript tiene fuertes influencias de varios lenguajes. Sus características más sobresalientes surgen de los siguientes lenguajes:

Java y C – No solo tiene la influencia sobre el nombre, sino que además tiene influencia sobre la sintaxis del lenguaje. Tanto Java como JavaScript sintácticamente emergen del lenguaje C. Sin embargo, Java y JavaScript tienen semánticas y propósitos diferentes.

Perl y Python – Tanto Perl como Python han influido en el manejo de strings, arreglos y expresiones regulares en JavaScript.

Scheme – De la familia del paradigma funcional. Adopta las funciones de primera clase y *closures*, los cuales se tratarán más adelante.

Self – Un lenguaje desarrollado por Sun Microsystems. Es de los pocos lenguajes que tienen herencia prototipada. Además de ésta característica, también se adopta la inusual notación de objetos.

1.3.2. Intérpretes

Ya se ha mencionado que JavaScript es un lenguaje interpretado. Sin embargo es necesario mencionar algunos «motores» que se encargan de interpretar el código en JavaScript.

Actualmente la gran mayoría de los navegadores (web browsers) viene con un intérprete de JS incorporado. A continuación se mencionan algunos de los más populares:

- **Rhino** – Gestionado por la fundación Mozilla, es de código abierto y está desarrollado completamente en Java.
- **SpiderMonkey** – También desarrollado por Mozilla para el navegador Firefox. Escrito en C++. Es utilizado en proyectos como MongoDB y GNOME.
- **Chakra** – Desarrollado por Microsoft, primero para Internet Explorer, y luego para Microsoft Edge.
- **V8** – El motor por defecto para Google Chrome, y también utilizado Node.js, Opera y otros proyectos populares. Escrito en C++, maneja asignación en memoria y posee garbage collector.
- **JavaScriptCore** – Es utilizado por navegadores como Safari o PhantomJS. También es conocido como SquirrelFish o Nitro, bajo proyectos similares con otro nombre por cuestiones de mercado.

El objetivo de esta sección no es entrar en detalle ni hacer un análisis comparativo de los intérpretes. Basta con hacer una pequeña búsqueda para notar que varios de éstos intérpretes poseen garbage collection, compilación JIT (just in time), y estrategias para la optimización del código.

A lo largo de este documento se mostrarán ejemplos de código, cuya interpretación se realizará utilizando Node.js (V8), y la consola de los navegadores Google Chrome (V8) y Mozilla Firefox (SpiderMonkey).

En caso de que el lector quiera ejecutar el código JavaScript, se deja a disposición los enlaces de descarga de las herramientas mencionadas:

- Node.JS – nodejs.org
- Google Chrome – google.com/chrome
- Mozilla Firefox – mozilla.org/firefox

Para abrir el intérprete desde Node.JS, basta con escribir `node` en la línea de comandos. Mientras que para el caso de los navegadores, hace falta apretar la tecla F12 para abrir la consola.

1.4. Nociones básicas

1.4.1. Tipos primitivos

Undefined

El tipo indefinido tiene un único valor, `undefined`. A toda variable que aún no se le haya asignado valor, tendrá el valor `undefined`.

Null

El tipo nulo tiene un único valor, `null`, que representa al valor nulo o «vacío».

Boolean

El tipo booleano representa una entidad lógica con dos posibles valores, `true` ó `false`.

String

Utilizado para representar datos de texto, el tipo `String` está definido como cero o más elementos, donde cada elemento es un entero no signado de 16 bits, de una longitud máxima de $2^{52} - 1$ elementos.

Number

Representa al conjunto de datos numérico. Se basa en la norma IEEE 754-2008, formato doble precisión de 64 bits en la aritmética de punto flotante. Toma algunos valores especiales de este conjunto para representar datos como NaN (Not a Number) y también `+Infinity` y `-Infinity`. La cantidad de valores reservados para NaN es dependiente de la implementación.

Symbol

Fue agregado en la versión de ES6. Abarca el conjunto de todos los valores no String que pueden ser usados como clave en la propiedad de un Object. Cada valor posible de Symbol es único e inmutable. Se los puede pensar como tokens que sirven como identificadores únicos.

Object

Es la forma básica de representar un objeto en JavaScript. Está compuesto por una colección de propiedades.

Las propiedades se identifican usando claves. El valor de una clave puede ser o bien un String, o bien un Symbol. Todos los valores String y Symbol son válidos como nombre clave para una propiedad, inclusive la cadena vacía.

1.4.2. Palabras reservadas

Las palabras reservadas del lenguaje se dividen en cuatro conjuntos:

- Palabras claves (*keywords*)
- Palabras reservadas a futuro
- Literal nulo (`null`)
- Literales booleanos (`true` y `false`)

Las siguientes son palabras claves, a excepción de `null`, `true` y `false`, que son literales.

CUADRO 1.1: Lista de palabras claves del lenguaje.

<code>break</code>	<code>do</code>	<code>import</code>	<code>throw</code>
<code>case</code>	<code>else</code>	<code>in</code>	<code>true</code>
<code>catch</code>	<code>export</code>	<code>instanceof</code>	<code>try</code>
<code>class</code>	<code>extends</code>	<code>new</code>	<code>typeof</code>
<code>const</code>	<code>false</code>	<code>null</code>	<code>var</code>
<code>continue</code>	<code>finally</code>	<code>return</code>	<code>void</code>
<code>debugger</code>	<code>for</code>	<code>super</code>	<code>while</code>
<code>default</code>	<code>function</code>	<code>switch</code>	<code>with</code>
<code>delete</code>	<code>if</code>	<code>this</code>	<code>yield</code>

Por otro lado, existe un conjunto de palabras reservadas a futuro. En un principio son solamente dos: `await` y `enum`. Pero si se especifica la directiva de *strict mode*, aparecen otras más: `implements`, `interface`, `package`, `private`, `protected` y `public`.

En resumen, las palabras reservadas a futuro (en modo estricto) son:

CUADRO 1.2: Lista de palabras reservadas a futuro.

await	implements	package	protected
enum	interface	private	public

1.4.3. Otras cuestiones a tener en cuenta

Identificadores

- Un identificador debe comenzar con una letra, signo pesos (\$), ó guión bajo (_).
- Un identificador consiste en letras, números, signo pesos (\$), ó guión bajo (_).
- Se permiten caracteres Unicode.
- No se permite el uso de palabras reservadas como identificadores.

Sensible a las mayúsculas

JavaScript es un lenguaje sensible a las mayúsculas, lo que significa que se entiende a `miVariable` y a `MIVARIABLE` como dos identificadores totalmente diferentes.

Sin tipado estático

El lenguaje no posee tipado estático. Sin embargo con **Microsoft TypeScript** o **Facebook Flow** se puede alcanzar esto mediante el uso de *type annotations*. Consiste en utilizar el lenguaje haciendo anotaciones de los tipos, para luego hacer un chequeo de tipos estáticos mediante un preprocesado del código. Tanto TypeScript como Flow son extensiones de JavaScript.

1.5. Sintaxis

A continuación se hará una introducción sintáctica al lenguaje de forma breve y mediante ejemplos. El objetivo de esta sección no es detallar la especificación del lenguaje, sino dar un repaso general por los elementos básicos, las estructuras de control y de repetición. Para mayor detalle sobre la sintaxis, se recomienda leer el «Standard ECMA-262 (Language Specification)».

1.5.1. Comentarios

Los comentarios en JavaScript se realizan de forma similar a los lenguajes influenciados por C (como por ejemplo JavaScript o C++). Es posible hacer comentarios inline, así como también multilínea.

```
1 // Esto es un comentario en una sola línea
```

Comentario inline

```
1 /*
2 Esto es un comentario
3 escrito en varias líneas
4 */
```

Comentario multilinea

1.5.2. Variables

Para la declaración de variables, el lenguaje posee la palabra reservada `var`. Una variable tendrá el valor inicial `undefined` a menos que se la inicialice en su declaración.

También se pueden hacer múltiples declaraciones en la misma línea, incluso con la asignación de un valor inicial.

```
1 var a; // Definiendo una variable con nombre a
2 var b = 1; // Definiendo una variable con nombre b
3 var c, d, e; // Definiendo varias variables
4 var f, g = true, h; // Esto tambien es valido
5 var i = "Hola", j = 2; // Definiendo y asignando multiples variables
```

Declarando variables

Vale la pena hacer mención también a dos nuevas formas de definir variables a partir de ES6. Se trata de `let` y `const`.

Sobre `let`, es una forma de declarar variables de alcance local. Se hará énfasis en este punto en futuros capítulos cuando se muestren los problemas de alcance que posee el lenguaje.

Por el lado de `const`, se tratan de variables de valor constante, cuyo valor no se puede cambiar y tampoco pueden ser redeclaradas.

1.5.3. Estructuras condicionales

El lenguaje posee las estructuras condicionales ya conocidas en lenguajes como C++ o Java. A continuación se muestran algunos ejemplos de algunas, que servirán para mejor entendimiento del código de ejemplo dado en los otros capítulos.

Condicionales `if` e `if-else`

```
1 if (a > 0) {
2   // bloque si la condicion es verdadera
3 }
```

```
4
5 if (a > 0) {
6   // bloque si la condición es verdadera
7 } else {
8   // bloque si la condición es falsa
9 }
```

Ejemplos de if e if-else

Operador ternario ?:

```
1 var mayor = a > b ? a : b
```

Operador ternario ?:

1.5.4. Funciones

Las funciones en JavaScript son objetos, instancia de `Function`. Al ser objetos, las mismas pueden ser guardadas como valores dentro de variables. Existen diferentes maneras de declarar una función. A continuación se enumeran

Funciones como expresión

Una función como expresión (o función expresión) es una expresión que produce un valor, en este caso un objeto función, y luego es asignado a una variable.

```
1 var suma = function (x, y) { return x + y };
2
3 suma(2,3); // devuelve 5
```

Función expresión

Funciones como declaración

Una función como declaración (o función declaración) funciona de la misma forma que la función expresión, a diferencia de que no es necesario recurrir a la asignación sino que ésta se hace automáticamente.

```
1 function suma(x, y) { return x + y };
2
3 suma(2,3); // devuelve 5
```

Función declaración

Funciones anónimas y arrow functions

Se les llama funciones anónimas simplemente a aquellas funciones que no tienen nombre. Notar el detalle que cuando se habló de función como expresión, el lado derecho de la asignación era una función anónima.

Por otro lado, a partir de ES6 se introdujo el concepto de arrow function (o fat arrow, el cual está actualmente en varios lenguajes. Para el caso de JS, establece una forma más simple y concisa para escribir funciones anónimas, bajo el detalle de que además la palabra `this` dentro de la función no cambia ni está ligada a un nuevo contexto, sino que sigue está ligada léxicamente al contexto donde fue invocada. Esto último no sucede con las funciones como expresión comunes, ya que en éstas se crea un scope nuevo.

```
1 var mostrar = (texto) => console.log(texto);  
2  
3 mostrar('hola!'); // hola!
```

Arrow function

1.6. Otros conceptos

Para entendimiento del lector, se presentan algunos conceptos que se mencionarán en algunos capítulos. Algunos no son exclusivos del lenguaje, pero comprender y saber que el lenguaje dispone de éstas cualidades, ayudará a explicar cómo funcionan otras características que se presentarán más adelante.

1.6.1. Hoisting

Del inglés «levantamiento», el término de hoisting es muy acuñado y asociado a JavaScript. Consiste en mover hacia el comienzo del scope las declaraciones. En términos de compiladores, se puede pensar como una primera pasada del compilador para guardar los identificadores utilizados en el scope. De hecho, lo que sucede es que durante la fase de compilación se reservan en memoria espacio para los nombres declarados.

Gracias a ésta característica, se puede escribir invocar a una función cuyo código está más adelante.

```
1 foo()  
2 function foo() {  
3   console.log("bar");  
4 }
```

En realidad lo que sucede es que el motor de JavaScript «mueve» las declaraciones al principio del scope, por lo que se puede pensar que el código del ejemplo es equivalente a éste:

```
1 function foo() {  
2   console.log("bar");  
3 }  
4 foo()
```

Para las variables sucede algo similar, aunque solamente en su declaración (no en su asignación), por lo que se puede pensar que el siguiente código:

```
1 console.log(a); // undefined  
2 var a = 2;
```

Es equivalente a esto:

```
1 var a;  
2 console.log(a); // undefined  
3 a = 2;
```

La precaución hay que tenerla a la hora de escribir funciones como expresión, ya que el hoisting existe en la declaración del nombre pero no en la asignación (tal como pasa con las variables). Por ejemplo, el siguiente código:

```
1 foo();  
2  
3 var foo = function () {  
4   console.log("bar");  
5 }
```

Nos lanzará en ejecución un `TypeError: foo is not a function`. Tiene sentido pensar en esto, ya que al igual que nos pasó con la variable `a`, el código equivalente sería:

```
1 var foo;  
2  
3 foo(); // en este punto, foo es undefined.  
4  
5 foo = function () {  
6   console.log("bar");  
7 }
```

1.6.2. Closures

El término de closure, también conocido en español como «clausura» o «cerradura» es utilizado en otros lenguajes.

COMPLETAR

1.6.3. IIFE

La sigla IIFE representa *Immediately-invoked function expression*, lo que en español sería «función expresión invocada inmediatamente». El término es bastante auto-explicativo: Funciones definidas como expresión (no mediante la declaración normal) que son invocadas en el mismo lugar donde están definidas.

COMPLETAR

¿Qué ventajas nos brindan las IIFEs?

- Nos da la posibilidad de simular un scope local.
- Proveen un mecanismo de encapsulamiento.
- Reducen la polución de nombres en el scope global.
- Sirven para crear módulos o namespaces.

1.6.4. Prototype

Un concepto importante y clave para entender algunos temas a tratar más adelante es el de prototype. Recordemos que en JavaScript las funciones son objetos, y que los objetos son una colección de propiedades.

Al momento de declarar una función, se hace una ligadura de un identificador con el valor de un objeto que es instancia de `Function`. Dicho objeto tiene una propiedad especial llamada `prototype`, la cual es una referencia a otro objeto, inicialmente vacío. Análogamente, dicho objeto tiene una propiedad llamada `constructor` que hace referencia al objeto función que creó la instancia.

```
1 function Foo() {}
2
3 console.log(Foo.prototype); // {}
4
5 // agregamos propiedades al prototipo
6 Foo.prototype.valor = 42;
7 Foo.prototype.bar = function() {
8   console.log('bar');
9 };
10
11 console.log(Foo.prototype); // { valor: 42, bar: [Function] }
12
13 console.log(Foo.prototype.constructor); // [Function: Foo]
```

Analizando el prototype de una función

Podemos hacernos una imagen visual sobre las vinculaciones que hay en memoria al momento de la ejecución mediante el siguiente diagrama:

Ahora que se mencionó este concepto, tiene sentido revelar que el constructor de clase `Object` no es otra cosa más que una función, y sus métodos `toString`, `valueOf`, ó `hasOwnProperty` forman parte de su «prototipo». Ahora supongamos el siguiente código:

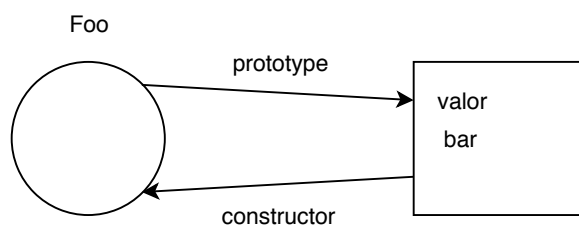


FIGURA 1.1: Diagrama del código y los objetos creados.

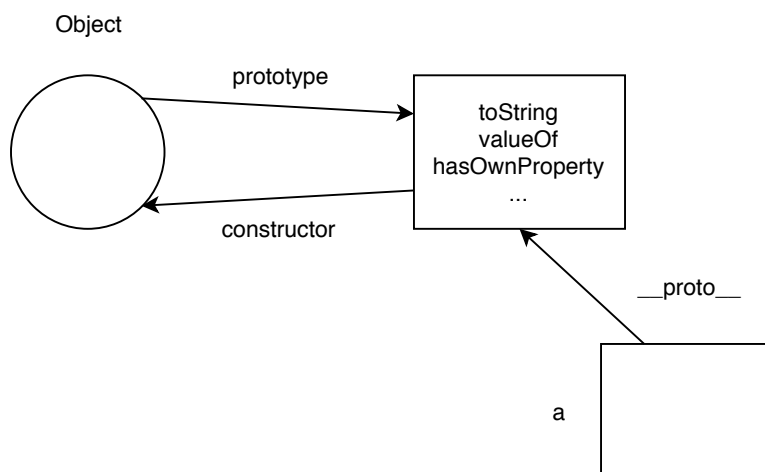
```

1 var a = new Object();
2
3 console.log(a.toString());

```

La instancia `a` también tiene una propiedad del prototipo. Pero en este caso, en vez de ser `prototype`, la misma se llama `__proto__`. Una definición vaga sería que las funciones están vinculadas a un prototipo mediante su propiedad `prototype` mientras que las instancias se vinculan a su prototipo mediante la propiedad `__proto__`. La forma «genérica» definida en el estándar de ECMAScript cuando se habla del prototipo, es mediante el término `[[Prototype]]`.

Ahora, ¿qué sucede exactamente al momento de hacer `a.toString()`? En realidad lo que sucede es que se busca dentro del objeto de la instancia de `a` por una propiedad `toString`, pero al no encontrarse, se seguirá buscando en su `[[Prototype]]` (y en caso de no encontrarse, seguiría recursivamente hasta llegar a `null`). Ésto es lo que se denomina la cadena del prototipo («prototype chain»).

FIGURA 1.2: Diagrama del código y la instancia de `a`.

Sobre el uso del `prototype` se hablará con más detalle de esto en las secciones [4.1](#) y [4.2](#), donde en ésta última se hará mención a su rol en la herencia prototipada.

Capítulo 2

Sistema de Tipos

JavaScript es un lenguaje de «scripting», con tipado dinámico y un sistema de tipos débil. Generalmente, en este tipo de lenguajes interpretados no es necesario definir el tipo de una variable al momento de declararla, por lo que es lógico preguntarse ¿Es JavaScript un lenguaje seguro?. En este capítulo se abordará las cuestiones de JS relativas a su sistema de tipos.

2.1. Tipos primitivos

Tal como se mencionó en el Capítulo 1, existen solamente 7 tipos primitivos del lenguaje. Una variable está asociada a un valor, y dicho valor puede ser de alguno de los siguientes tipos:

- `undefined`
- `null`
- `number`
- `string`
- `boolean`
- `symbol`
- `object`

Algunos autores consideran que `Object` no es un tipo primitivo, sino que es un tipo que hereda de `Null`. Por otro lado, hay que mencionar que las funciones en JavaScript son consideradas objetos, por lo que `Function` es un subtipo de `Object`.

Para el análisis del tipo de un valor (o del valor de una variable) en ejecución, se puede hacer uso del operador `typeof`. Dicho operador retorna un `String` con el nombre del tipo del valor evaluado.

```
1 typeof undefined    // retorna "undefined"
2 typeof 123           // retorna "number"
3 typeof true          // retorna "boolean"
4 typeof {}            // retorna "object"
5 typeof "Hola Mundo"  // retorna "string"
6 typeof Symbol()      // retorna "symbol"
```

Analizando los tipos con `typeof`

Una de las primeras flaquezas presentadas por el lenguaje es la del `typeof null`.

```
1 typeof null           // retorna "object"
```

Analizando `typeof null`

Uno tiende a esperar que `typeof null` retorne "null", sin embargo, retorna "object". Este es un *bug* conocido y difícilmente sea corregido, ya que se estima que hay muchas aplicaciones y sistemas en la web que se basan en este comportamiento. Se cree que corregir esto crearía más problemas que soluciones.

Esto no solo pasa con el literal `null` sino que además sucederá con cualquier variable ligada a un tipo nulo.

```
1 var a = null;  
2 typeof a           // retorna "object"
```

Analizando `typeof null` (cont.)

2.1.1. Casos especiales del `typeof`

Existen algunos casos especiales para el operador `typeof`. ¿Qué pasa con las funciones?. ¿Y con los arreglos?. ¿Y con los tipos built-in pero que no son primitivos (también conocido como «nativos»)? Vamos por partes.

El primero de los casos es el de las **funciones**. Como se mencionó anteriormente, en la especificación, una función es considerada un subtipo de `object`, a diferencia de que tiene una propiedad interna `[[Call]]`. Sin ir más lejos, ¿qué se espera que retorne `typeof` para el caso de una función?

```
1 typeof function a() {}           // retorna "function"
```

Analizando `typeof` de una función

Si bien quizás resulte más intuitivo esperar que retorne "object", el hecho de que haya retornado "function" puede resultar útil a la hora de distinguir entre objetos y funciones, y así identificar cuales son los que se pueden invocar (también conocidos como «callable objects»). Sin embargo, este hecho es algo contradictorio ya que "function" no está distinguido entre los tipos primitivos.

El otro caso especial es el de los **arreglos**. En JavaScript, un arreglo no es más que un objeto con una propiedad interna `length`, donde cada propiedad de la instancia del objeto es el índice del arreglo.

```
1 typeof []           // retorna "object"  
2 typeof [1, 2, 3]    // retorna "object"  
3 typeof ["hola", "mundo"] // retorna "object"
```

Analizando `typeof` de arreglos

¿Por qué para las funciones el operador `typeof` devuelve `function` mientras que para los arreglos sigue devolviendo `object`?

Al parecer, la distinción de los «callable objects» es importante para el lenguaje, pero para el caso de arreglos es irrelevante saber si un arreglo es efectivamente un arreglo o simplemente un objeto, dado que tienen las mismas propiedades y se lo puede tratar de la misma manera. ¿Cómo saber entonces cuando -por ejemplo- una variable es un objeto o un arreglo? La respuesta es mediante el operador `instanceof`. La distinción se hace mediante el análisis de la clase asociada, y no del tipo.

2.2. Lo bueno, lo malo, lo feo...

Capítulo 3

Paradigma funcional

Entre los puntos fuertes que posee el lenguaje, es indiscutible decir que las funciones son uno de los ejes principales. Sin embargo, ¿qué tan ligado está el lenguaje al paradigma de programación funcional?. ¿Soporta todas sus características?.

Es sabido que algunos conceptos como las funciones de alto orden están vinculadas con el paradigma funcional, mientras que también se conoce que JavaScript permite el pasaje de funciones como parámetros, o el retorno de las mismas como valores. En este capítulo se realizará un análisis sobre las mismas, para poder entender qué tan cerca o lejos está el lenguaje de las características del paradigma.

3.1. Recursividad

Al igual que los lenguajes sintácticamente similares a JavaScript, la recursión es una técnica que se aplica con naturaleza. Siempre que la función no sea anónima (es decir, que tenga un nombre), se puede aplicar recursión directa sin problemas. Además, el soporte para la recursión mutua también es posible gracias a la característica de *hoisting*.

Cualquiera de las formas vistas en el Capítulo 1 son válidas para definir una función recursiva. A continuación se presentan ejemplos de las mismas, mostrando recursión directa y cruzada:

```
1 // Función recursiva con función como declaración
2 function sumatoria(n) {
3   return n > 0 ? n + sumatoria(n - 1) : 0;
4 }
5
6 // Función recursiva con función como expresión
7 var factorial = function(n) {
8   return n > 0 ? n * factorial(n - 1) : 1;
9 };
10
11 // Recursión cruzada
12 var esPar = num => (num === 0 ? true : esImpar(num - 1));
13 var esImpar = num => (num === 0 ? false : esPar(num - 1));
```

Ejemplos de funciones recursivas

3.2. Funciones puras

Las funciones puras son otra de las claves del paradigma funcional. Esto es, funciones que bajo la misma entrada, siempre devuelven el mismo resultado. Esta cualidad brinda la propiedad de transparencia referencial entre los rasgos de un lenguaje perteneciente al paradigma funcional. Los beneficios que trae el uso de las funciones puras, son la testeabilidad, predictibilidad, y la falta de efectos colaterales.

Por suerte, en el lenguaje se pueden escribir fácilmente funciones puras. Lamentablemente el lenguaje no posee ninguna directiva, y tampoco existe una herramienta concreta para determinar la pureza (o impureza) de una función, más que el conocimiento del programador.

A continuación, se mencionan algunas prácticas para evitar las funciones impuras:

- Evitar el uso de variables que estén fuera del ámbito (scope) de la función. Esto incluye también a las variables globales del navegador.
- Evitar el uso del DOM o de variables del browser como `document` o `window`.
- Evitar el uso de `Math.random`, valores azarosos o cambiantes como el día y la hora actual.
- Evitar peticiones bajo el protocolo HTTP u otras que dependan del estado de la red.
- Evitar imprimir por pantalla o por consola, o cualquier mecanismo de I/O.
- Evitar la mutabilidad de datos. Recordar que los objetos en JS se manejan por referencia. Para éste ítem, se recomienda aplicar prácticas de inmutabilidad, ya sea mediante `Object.freeze` o el uso de alguna librería externa.

3.3. Funciones de primera clase y orden superior

Una de las características más destacables del lenguaje es que las funciones son objetos, que a su vez se pueden almacenar como valores. Gracias a esto, resulta extremadamente simple el pasaje de funciones como argumentos, así como también devolver funciones como un valor de retorno.

3.3.1. Funciones de primera clase

En JavaScript las funciones son objetos de primera clase, dado que las funciones son tratadas como cualquier otro valor. Al momento de crear una función, en realidad lo que se crea es un objeto de clase `Function`.

Para el caso de una función mediante declaración, se asignará a una variable ligada al nombre dado a la función (siempre que no sea anónima). Para el caso de la función por expresión, dependerá si la misma se realiza en una asignación.

```
1 function saludar() { console.log('hola'); }  
2 var despedirse = () => console.log('chau');  
3
```

```
4 console.log(saludar); // [Function: saludar]
5 console.log(despedirse); // [Function: despedirse]
6
7 console.log(saludar.toString());
8 // function saludar() { console.log('hola'); }
9 console.log(despedirse.toString());
10 // () => console.log('chau')
```

Analizando el valor de una función

El hecho de que las funciones sean tratadas como valores, a su vez, hace que se puedan crear objetos que dentro de sus pares clave-valor tengan propiedades que sean funciones. Es decir, métodos del objeto.

```
1 var gato = {
2   nombre: 'Mishi',
3   maullar: function() {
4     console.log('miau');
5   }
6 };
7
8 gato.maullar();
9 // miau
10 console.log(gato);
11 // { nombre: 'Mishi', maullar: [Function: maullar] }
```

Asignando una función como valor de una propiedad a un objeto

3.3.2. Funciones de orden superior

Dado que las funciones son tratadas como cualquier otro valor, el lenguaje permite la característica de que una función pueda ser pasada como argumento, o que sea el valor de retorno de otra función. Esto conlleva a alcanzar otros mecanismos, como es el curry en las funciones o la aplicación parcial.

Comencemos con algunos ejemplos:

```
1 var saludar = () => console.log('hola mundo!');
2
3 function ejecutar(fn) {
4   fn();
5 }
6
7 function ejecutarSeguro(fn) {
8   if (typeof fn === 'function') {
9     fn();
10  }
11 }
12
13 ejecutar(saludar);
14 ejecutarSeguro(saludar);
```

Pasando una función como argumento

En el código mostrado, se poseen dos funciones, ejecutar y ejecutarSeguro. La única diferencia es que éste último hace un chequeo de tipo del argumento brindado

para asegurarse de que es una función y puede invocarla. Para el primer caso, si no le dieramos una función como parámetro, la ejecución de dicha llamada resultaría en un error.

La otra cualidad es la de retornar funciones, la cual se ejemplificará a continuación:

```
1 function generador(prefijo) {  
2   return texto => console.log(prefijo + ' ' + texto);  
3 }  
4  
5 var imprimir = generador('Hola');  
6  
7 // En este momento, imprimir es una función!  
8 console.log(typeof imprimir); // function  
9  
10 imprimir('mundo'); // Hola mundo  
11 imprimir('che!'); // Hola che!  
12 imprimir('a todos'); // Hola a todos
```

Retornando funciones

La función `generador` tiene un parámetro `prefijo` y retorna una función, que tiene un parámetro `texto`, y muestra mediante la consola la concatenación del prefijo y del texto. Dado que `generador` retorna una función, el valor de la misma es ligada a `imprimir`, por lo que tiene sentido pensar que éste es como un alias de la función y se puede invocar sin ningún inconveniente. En el ejemplo, se puede observar como `imprimir` de alguna forma «recuerda» el prefijo que fue establecido al momento de «generar la función».

Veamos otro ejemplo, haciendo una función `suma` que esté en una forma *curried*:

```
1 var sumar = a => b => a + b;  
2  
3 var sumar2 = sumar(2);  
4 var sumar5 = sumar(5);  
5  
6 console.log(sumar2(10)); // 12  
7 console.log(sumar5(10)); // 15
```

Función *suma curried*

Si bien la sintaxis de las *arrow functions* al principio puede resultar ajena, la función `sumar` es una función con un argumento `a` y retorna una función, que tiene un argumento `b`, la cual retorna la suma de `a + b`. De alguna forma, se puede observar como `sumar2` y `sumar5` son una aplicación parcial de la función `sumar`.

Otra forma de realizar aplicación parcial es mediante el método `bind` de la clase `Function`, el cual recibe como primer argumento el contexto (por lo general sería `this`), y luego una lista de argumentos, para retornar la función aplicada (total o parcialmente). Supongamos el siguiente código:

```
1 var multiplicar = (a, b) => a * b;  
2  
3 var duplicar = multiplicar.bind(null, 2);  
4
```

```
5 console.log(duplicar(15)); // 30
```

Aplicación parcial usando bind

En este caso, `multiplicar.bind` nos retornará una función que será producto de aplicar parcialmente un 2 como primer argumento.

Las funciones de alto orden en el lenguaje son una de las características más poderosas que éste posee. La facilidad con la que se puede pasar o retornar una función brindan un mecanismo que otros lenguajes de programación no pueden alcanzar, y éste es uno de los puntos más fuertes de JavaScript.

3.4. Evaluación ansiosa y perezosa

Una característica deseable en los lenguajes del paradigma funcional es la de la evaluación perezosa (lazy). Sin embargo, la evaluación de expresiones en JavaScript se realiza de manera ansiosa (eager). Supongamos el siguiente código:

```
1 function elegir(condicion, opcion1, opcion2) {  
2   if (condicion) {  
3     console.log(opcion1);  
4   } else {  
5     console.log(opcion2);  
6   }  
7 }
```

Creando una función condicional

La función `elegir` es de alguna manera, la forma declarativa del `if-else`. Como primer parámetro recibe una condición, y como segundo y tercer parámetro recibe las opciones para el caso de que la condición sea verdadera o falsa.

Si el lenguaje implementara la evaluación perezosa, se espera que las expresiones no sean evaluadas hasta el momento de ser necesario (o postergar su ejecución al máximo). Es decir, si yo en `opcion1` u `opcion2` brindo como argumento una expresión, dicha expresión no debería ser evaluada si no entra por el flujo correspondiente del `if`. Si la condición es verdadera, `opcion2` no debe ser evaluada en ningún momento. Si la condición es falsa, entonces es `opcion1` la que no debe ser evaluada.

Por otro lado, aprovechando la libertad que tenemos en las expresiones gracias al sistema de tipos, podemos crear expresiones de la forma `true && console.log()`, o también una expresión matemática como `2 + console.log()`. Cualquiera de estas formas son válidas, más allá de la coerción que ocurra en dichas expresiones, al momento de analizar la expresión, se imprimirá el mensaje dado por pantalla.

Dicho esto, ejecutamos las siguientes invocaciones:

```
1 elegir(true, 'a', 'b' && console.log('Ansioso!'));  
2 // Ansioso!  
3 // a  
4  
5 elegir(false, 2 + console.log('Ansioso!'), 5);  
6 // Ansioso!
```

7 // 5

Analizando resultados de las invocaciones

Como se puede analizar, para el primer caso, lo primero que ocurre es que se imprime por pantalla el mensaje «Ansioso!», para luego imprimir «a». En el segundo caso ocurre lo mismo: Primero se imprime «Ansioso!» y luego un «5». Con esto, se puede mostrar que el lenguaje hace la evaluación de las expresiones al momento de hacer la invocación, y no al momento de que sea realmente necesario evaluar la expresión. En resumen, JavaScript posee evaluación ansiosa.

3.5. Semántica de valores

Por lo general, en los programas del paradigma funcional no se realizan asignaciones, y así, el valor asociado a una variable nunca cambia. Este concepto está directamente relacionado con el de funciones puras y transparencia referencial: Al no tener una dependencia sobre el valor de una variable, se espera que una función se evalúe siempre de la misma forma para una misma entrada.

Esta característica de los lenguajes del paradigma funcional da un enfoque puramente matemático, eliminando la noción de estado. Sin embargo esto no sucede en JavaScript. Una variable puede cambiar su valor. En el lenguaje existen sentencias, entre las cuales una de ellas es la asignación. Bajo esta premisa, entonces tendremos una noción de estado en las aplicaciones de nuestro lenguaje, por lo que podemos decir que JavaScript no cumple con ésta propiedad.

3.6. Lo bueno, lo malo, lo feo...

Capítulo 4

Paradigma orientado a objetos

Uno de los debates principales sobre JavaScript es su soporte hacia el paradigma orientado a objetos. Existe una amplia gama de opiniones y posturas con respecto a JavaScript y su uso dentro de dicho paradigma. Las opiniones pueden ir desde la negativa, es decir, que no lo soporta, hasta la positiva, pasando por un intermedio de que tiene cierto soporte, pero no naturalmente.

En éste capítulo se buscará realizar un análisis sobre características típicas del paradigma orientado a objetos, tratándo de ver de qué manera llega JavaScript a éstas características.

4.1. Clases

Previo a la salida de ES6 (es decir, en la version 5 de JavaScript) la creación de clases en JavaScript se realiza mediante el uso de patrones para la creación de objetos. La realidad es que en JavaScript no existe un soporte formal o natural para las clases, sino que hay que recurrir a estos patrones para simularlo. Los más populares, a mi entender, son:

- Factory class pattern
- Functional class pattern
- Prototype class pattern

4.1.1. Factory class pattern

Se trata de una función de tipo *factory* (fábrica) utilizada para crear elementos u objetos, con ciertas propiedades y bajo cierto comportamiento. En nuestro caso, dicha función será quien cree nuestras nuevas instancias de lo que queremos moldear como clase.

```
1 function animalFactory(nombre) {  
2   var temporal = {};  
3   temporal.nombre = nombre;  
4   temporal.saludar = function() {  
5     console.log("Hola, soy "+this.nombre)  
6   };  
7  
8   return temporal;
```

```
9 }
10
11 var gato = animalFactory("Garfield");
12 var perro = animalFactory("Oddie");
13
14 gato.saludar(); // Hola, soy Garfield
15 perro.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Factory class pattern

Si bien puede resultar un poco confuso al principio, para quienes estén acostumbrados al patrón Factory, este ejemplo quizás resulte más trivial. A simple vista, la única *ventaja* es que no se necesita usar `new` a la hora de realizar la instanciación de nuevos objetos.

Para el objetivo que buscamos, que es simular el soporte de clases, este patrón es útil.

4.1.2. Functional class pattern

Este patrón también es conocido como Constructor pattern. Aprovechando el uso de la palabra `new`, podemos omitir la creación de un objeto temporal dentro de nuestra función. De hecho, la palabra `new` no solamente crea un nuevo objeto (instancia), sino que además establece quién fue la función de construcción (se puede pensar como «de quién hereda el objeto»).

```
1 function Animal(nombre) {
2   this.nombre = nombre;
3   this.saludar = function() {
4     console.log('Hola, soy ' + this.nombre);
5   };
6 };
7
8 var gato = new Animal('Garfield');
9 var perro = new Animal('Oddie');
10
11 gato.saludar(); // Hola, soy Garfield
12 perro.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Functional class pattern

Notar las diferencias con el ejemplo del Factory Pattern. Por un lado, el uso del `this` dentro de la función y la falta de necesidad de retornar el objeto (esto sucede implícitamente gracias al `new`). Por otro lado, a la hora de crear instancias es importante utilizar la palabra `new`.

Un detalle muy importante a tener en cuenta tanto en éste patrón como en el Factory pattern: Para cada instancia creada, la misma poseerá una copia del código de `saludar()` en memoria. Parece un detalle menor, pero supongamos que en vez de un solo método, nuestra clase tiene varios, y que además precisamos generar una gran cantidad de instancias, significaría estar desperdiciando espacio en memoria.

También para tener en cuenta: No existen reglas ni restricciones sobre los nombres de las funciones constructoras, pero existe una convención entre los programadores

de usar la letra capital en los nombres de las funciones constructoras (esto es, que la primera letra sea mayúscula).

4.1.3. Prototype class pattern

Para tratar de resolver el problema recién mencionado, en donde cada instancia tiene una copia del código de la función, es necesario hacer un buen uso del concepto de prototipo en JavaScript, el cual se hizo mención en la sección 1.6.4.

```
1 function Animal(nombre) {  
2   this.nombre = nombre;  
3 }  
4  
5 Animal.prototype.saludar = function() {  
6   console.log('Hola, soy ', this.nombre);  
7 };  
8  
9 var gato = new Animal('Garfield');  
10 var perro = new Animal('Oddie');  
11  
12 perro.saludar(); // Hola, soy Garfield  
13 gato.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Prototype class pattern

Para este caso, tendremos una función constructora `Animal`, la cual estará vinculada a su `[[Prototype]]`, un objeto que contendrá entre sus propiedades, a la función `saludar`. Bajo este patrón, nos obviamos de que cada instancia tenga una copia de la función `saludar`, y que gracias a la «cadena del prototipo» ese comportamiento esté delegado en `Animal.prototype`.

4.1.4. class en ES6

A partir de la versión ES6, una de las características más jugosas es la del uso de la palabra reservada `class`. Para desgracia del lector, ésta introducción al lenguaje no es más que *syntactic sugar*. Mediante una sintaxis más amena y amigable se alcanza la creación de clases, pero en el fondo la semántica es idéntica al Prototype class pattern.

```
1 class Animal {  
2   constructor(nombre) {  
3     this.nombre = nombre;  
4   }  
5   saludar() {  
6     console.log('Hola, soy ', this.nombre);  
7   }  
8 }  
9  
10 var gato = new Animal('Garfield');  
11 var perro = new Animal('Oddie');  
12  
13 perro.saludar(); // Hola, soy Garfield  
14 gato.saludar(); // Hola, soy Oddie
```

Ejemplo de class

4.2. Herencia

Como se ha mencionado anteriormente, JavaScript tiene la particularidad de tener la herencia prototipada en vez de la herencia clásica. Este tipo de herencia es bastante poderosa, aunque también a veces incomprendida y mal aplicada.

4.2.1. Herencia simple mediante prototype

La herencia prototipal es tan potente que, haciendo un esfuerzo y algunos artilugios, se podrá simular la herencia clásica. La diferencia entre estos dos tipos de herencia es que en la herencia clásica, las subclases poseen una copia del comportamiento de clases. En la herencia prototipal no existe este concepto de copia. Un objeto tiene un prototipo y en caso de que el objeto no tenga un atributo o método necesario, delegará esta responsabilidad a su prototipo. Ésto se llama delegación de comportamiento.

Ahora, supongamos el siguiente código:

```
1 function Vehiculo(tipo) {
2   this.tipo = tipo;
3 }
4
5 Vehiculo.prototype.mostrarTipo = function() {
6   console.log(this.tipo);
7 }
8
9 function Auto(marca) {
10   Vehiculo.call(this, "terrestre");
11   this.marca = marca;
12 }
13
14 Auto.prototype = Object.create(Vehiculo.prototype);
15 Auto.prototype.constructor = Auto;
16
17 Auto.prototype.mostrarMarca = function () {
18   console.log(this.marca);
19 }
20
21 var fitito = new Auto("Fiat");
22 var falcon = new Auto("Ford");
23
24 fitito.mostrarMarca();           // Fiat
25 fitito.mostrarTipo();           // terrestre
26
27 falcon.mostrarMarca();          // Ford
28 falcon.mostrarTipo();           // terrestre
```

Analizando herencia prototipal en JS

Tal como se mencionó en la sección 4.1, las funciones en JavaScript son un mecanismo por naturaleza para simular las clases. ¿Qué sucede en el código de arriba?

Se definen las funciones Vehiculo y Auto que serán nuestras clases. Ambas funciones actúan de constructoras. Al `[[Prototype]]` de Vehiculo se le agrega un método `mostrarTipo` mientras que al `[[Prototype]]` de Auto se le agrega `mostrarMarca`. Hasta ese punto es fácil de entender lo sucedido si se ha comprendido las secciones de prototype y de clases.

¿Qué pasa en las líneas 10, 14 y 15?

- Para el caso de la línea 10, la sentencia `Vehiculo.call(this, "terrestre")` está simulando una llamada al constructor padre. Lo que sería análogo a hacer `super` en Java. Ésta es una de las partes más feas del código, ya que esta llamada debe ser de forma manual, y dando como parámetro el contexto del invocador.
- En la línea 14 estamos «pisando» el viejo objeto `Auto.prototype` que había sido creado al momento de declarar la función `Auto`, y creando un nuevo objeto. El método `Object.create` crea un nuevo objeto y establece como prototipo del objeto lo que haya sido pasado como primer argumento de la función.
- La línea 15 es la que quizás muchos programadores suelen omitir. Sin ella, si hacemos `console.log(fitito)` o `console.log(fitito.constructor)` podemos verificar que nos figura que `fitito` es `Vehiculo` en vez de `Auto`. ¿Por qué sucede esto? En la línea 14, cuando hicimos la vinculación del prototype de `Auto` con el prototype de `Vehiculo`, creamos un nuevo objeto y hemos perdido la referencia de `Auto.prototype.constructor`.

En ejecución, podemos imaginarnos la siguiente imagen como una representación de lo que hay en memoria:

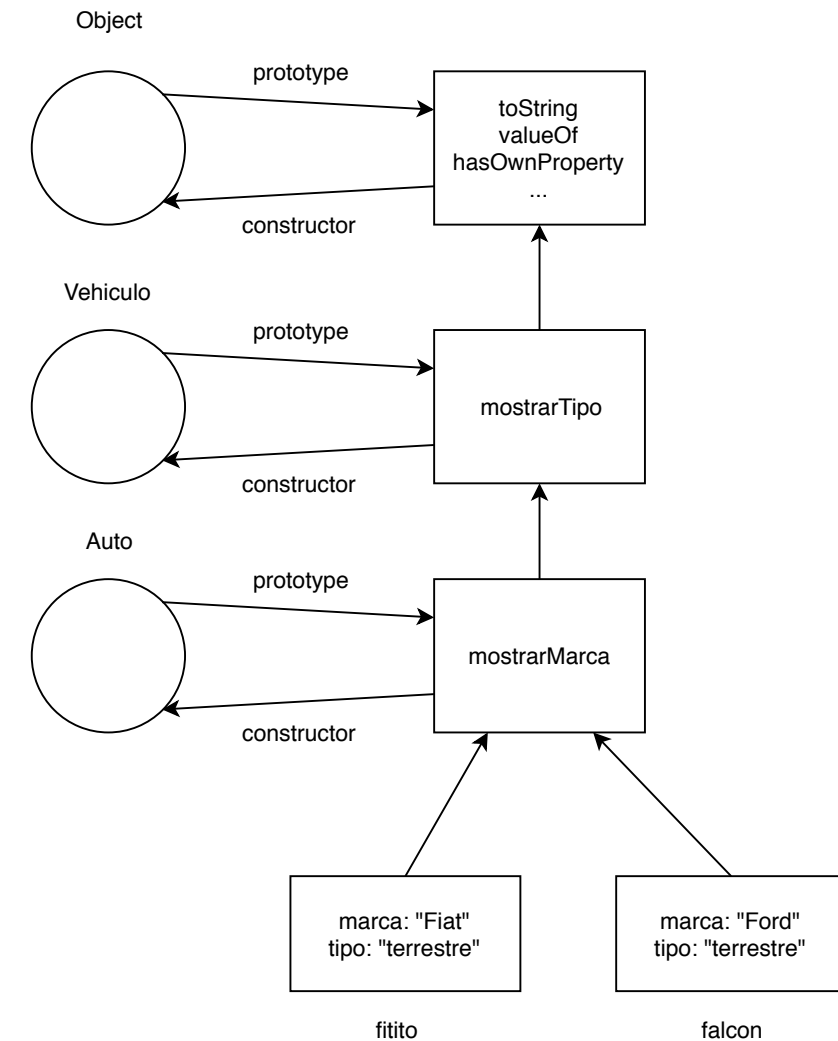


FIGURA 4.1: Diagrama del código presentado

4.2.2. extends en ES6

Tal como se explicó sobre la palabra reservada `class` en la sección 4.1.4, otra de las características que se introdujeron a partir de la versión ES6 es la de la palabra `extends` para simular la herencia de clases. Nuevamente ocurre lo mismo que lo mencionado anteriormente: Esta característica es meramente *syntactic sugar* que le omite al programador la necesidad de pensar en prototipos.

```

1 class Vehiculo {
2   constructor(tipo) {
3     this.tipo = tipo;
4   }
5   mostrarTipo() {
6     console.log(this.tipo);
7   }
8 }
9
10 class Auto extends Vehiculo {

```

```

11  constructor(marca) {
12      super("terrestre");
13      this.marca = marca;
14  }
15  mostrarMarca() {
16      console.log(this.marca);
17  }
18 }
19
20 var fitito = new Auto("Fiat");
21 var falcon = new Auto("Ford");
22
23 fitito.mostrarMarca();           // Fiat
24 fitito.mostrarTipo();           // terrestre
25
26 falcon.mostrarMarca();           // Ford
27 falcon.mostrarTipo();           // terrestre

```

extends en ES6

Para el programador que viene de C++ o Java, este uso de `class` y `extends` es, por lejos, muchísimo más amigable que crear funciones y vincularlas mediante sus prototipos. Otra de las introducciones a partir de ES6 es el uso del `super` en el constructor. Esto facilita enormemente la llamada al constructor de la superclase, o de métodos de la superclase, además de mimetizar la sintaxis de Java.

4.2.3. Herencia múltiple

Dado que los objetos «heredan» de un único prototipo, el lenguaje no provee ninguna herramienta natural para el soporte de la herencia múltiple. Otros lenguajes buscan alcanzar la herencia múltiple mediante el uso de interfaces. En JavaScript no existen las interfaces, pero sí existe una técnica llamada mixins (acrónimo para *mixed in*, del inglés «mezclado») para introducir un comportamiento a una clase sin necesidad de hacerla heredar de otra.

Una función de Mixin suele tener esta forma:

```

1  function mixin(fuente, destino) {
2      for (var prop in fuente) {
3          if (fuente.hasOwnProperty(prop)) {
4              destino[prop] = fuente[prop];
5          }
6      }
7  }

```

Función de Mixin

Lo ideal sería pensar en `fuente` como un objeto cuyas propiedades serán los miembros a «inyectar» en `destino`. Esta técnica llevó al estandar a agregar un método `Object.assign` a partir de ES6, el cual copia los valores de todas las propiedades enumerables en un objeto destino.

Otra manera de implementar los Mixins en ES6 es aprovechando que las clases son de primer orden. Éstas pueden ser pasadas como argumento o ser retornadas por una función.

```
1 var MyMixin = (superclass) => class extends superclass {
2   saludar() {
3     console.log('hola!');
4   }
5 };
6
7 class Foo {}
8 class Bar extends MyMixin(Foo) {
9   despedirse() {
10    console.log('chau!');
11  }
12 }
13
14 var objeto = new Bar();
15
16 objeto.saludar();    // hola!
17 objeto.despedirse(); // chau!
```

Haciendo uso de class como expresión

Como se puede observar, existen varias formas de aplicar esta técnica. Como se mencionó anteriormente, no hay soporte para herencia múltiple en JavaScript, aunque ésta es una forma de resolver el problema. Aún así, tiene sus defectos. El *shadowing* u *overriding* de métodos con el mismo identificador es una convención a tener en cuenta. También hay que pensar en el costo, ya que copiar las propiedades de un objeto a otro requiere de un esfuerzo.

4.3. Encapsulamiento

Dependiendo la perspectiva, se puede decir que el lenguaje tampoco provee un mecanismo natural para el encapsulamiento. Si hablamos de ocultar el estado de un objeto, es decir, de hacer sus datos miembro privados, no existe ninguna palabra reservada para ello. De hecho, todas las propiedades de un objeto son públicas.

Existe una convención extra oficial de que los miembros privados de un objeto comiencen su identificador con un guión bajo. Nuevamente, ésta no es una convención del lenguaje, sino de la comunidad. Más allá de la convención, volvemos a lo mismo: Por fuera se puede analizar cuál es el valor ligado a dicha propiedad.

```
1 class Persona {
2   constructor(nombre, saldo) {
3     this.nombre = nombre;
4     this._saldo = saldo;
5   }
6 }
7
8 var pepe = new Persona('Jose', 25);
9
10 console.log(pepe.nombre); // Jose
11 console.log(pepe._saldo); // 25
```

Descubriendo variables «privadas»

Como se puede observar en el ejemplo, se busca hacer privada la propiedad `_saldo`, pero sin embargo es visible desde afuera del objeto.

Por suerte mediante el uso de *closures*, se puede lograr el encapsulamiento, pero solo mediante el uso de funciones constructoras. Lamentablemente, para la sintaxis de `class` de ES6 no hay soporte nativo aún. Al momento de escribirse este documento, existe una propuesta en borrador para agregar al lenguaje, la cual se encuentra en *Stage 3* (para más información, ver).

```
1 function Persona(nombre, saldo) {
2   var saldoPrivado = saldo;
3   this.nombre = nombre;
4   this.obtenerSaldo = function() {
5     return saldoPrivado;
6   }
7   this.actualizarSaldo = function(nuevoSaldo) {
8     saldoPrivado = nuevoSaldo;
9   }
10 }
11
12 var pepe = new Persona('Jose', 25);
13
14 console.log(pepe.nombre);           // Jose
15 console.log(pepe.saldoPrivado);     // undefined
16 // OK, ya que es una propiedad privada.
17 console.log(pepe.obtenerSaldo());  // 25
18 pepe.actualizarSaldo(32);
19 console.log(pepe.obtenerSaldo());  // 32
```

Alcanzando variables privadas mediante closures

Un detalle menos obvio pero aún así importante, es que necesariamente los *setters* y *getters* de las variables ocultas por el closure deberán formar parte de la función constructora (es decir, no podrán definirse dentro del prototipo), lo que significa nuevamente que cada instancia de `Persona` tendrá código repetido, lo que implica gasto en memoria. Bajo esta situación, nos encontramos en un *trade-off* de tener datos miembro privados, pero no poder hacer uso correcto del patrón prototipal.

4.4. Polimorfismo

Quizás uno de los puntos más complicados de analizar en cuanto a JavaScript y su relación con el paradigma de orientación a objetos sea el de polimorfismo, dado que por su naturaleza de débilmente tipado y su particularidad de herencia prototipada, no resultará simple hacer una comparación con lenguajes como C++ o Java.

Para el caso de las funciones «polimórficas» el lenguaje no pone restricciones en relación a la aridad ni el tipo de los parámetros. Si la cantidad de argumentos dados al momento de una invocación es menor a la cantidad de parámetros formales de la función, entonces los restantes se considerarán con valor `undefined`.

Existe un identificador especial reservado para el vector de argumentos en JavaScript, bajo el identificador de `arguments`. Este es un objeto especial, aunque a simple vista parece un arreglo, no lo es. Funciona de una forma similar a lo que es `args` en

Java o argv en C++. Supongamos a continuación una función que no tiene definidos parámetros formales, pero aún así recibe argumentos a la hora de invocarla.

```
1 function mostrarArgumentos() {
2   for (var i = 0; i < arguments.length; i++) {
3     console.log(i + ' ' + arguments[i]);
4   }
5 }
6
7 mostrarArgumentos('hola', 1, true, { a: 3 });
8
9 // 0. hola
10 // 1. 1
11 // 2. true
12 // 3. [object Object]
```

Analizando arguments

Para el caso de polimorfismo bajo una misma jerarquía de herencia, dado que el lenguaje es débilmente tipado, no posee las restricciones fuertes que posee un lenguaje como Java. Al ser interpretado, no existe un chequeo estático para corroborar que un método que esté siendo invocado pertenezca a un tipo o una clase particular. Ésta característica, la de redefinir un método de la superclase en una subclase, se llama polimorfismo de inclusión (o de subtipado).

```
1 class Animal {
2   mover() {}
3 }
4 class Pez extends Animal {
5   mover() {
6     console.log("Soy pez y estoy nadando...");
7   }
8 }
9 class Ave extends Animal {
10  mover() {
11    console.log("Soy ave y estoy volando...");
12  }
13 }
14
15 var animales = [new Pez(), new Ave()];
16
17 for (let animal of animales) {
18   animal.mover();
19 }
20
21 // Soy pez y estoy nadando...
22 // Soy ave y estoy volando...
```

¿Qué sucede exactamente?. En ejecución, cada elemento de la lista de animales hará búsqueda del método mover en su cadena de prototipo. En caso de no encontrarlo, resultará en un error en ejecución.

4.5. Modularidad

Durante sus primeros 20 años de vida, JavaScript no proveía soporte para módulos de una forma nativa. En 2015 con la salida de ES6, el lenguaje adquirió ese soporte nativo que le faltaba. Sin embargo, aún no todos los navegadores (o motores) soportan todas las funcionalidades introducidas en ES6 y las nuevas versiones del estándar.

En ésta sección vamos a mencionar cuáles son las formas en las que se alcanza la modularidad en JavaScript.

4.5.1. Módulos mediante patrones

Al igual que sucede con las clases, se hace el uso de IIFE y closures para aplicar patrones conocidos en la creación de módulos. El patrón por excelencia en este caso es el Revealing Module pattern. Si este patrón es implementado mediante IIFE, se lo puede pensar al módulo como un singleton, ya que al momento de definir el módulo se está creando una única instancia del mismo.

```
1 var ModuloSaludador = (function () {
2   var cantidadSaludos = 0;
3
4   var incrementarSaludos = function() {
5     cantidadSaludos++;
6   }
7
8   var saludar = function() {
9     console.log("hola");
10    incrementarSaludos();
11  }
12
13  var despedirse = function() {
14    console.log("chau");
15    incrementarSaludos();
16  }
17
18  var mostrarContador = function() {
19    console.log(cantidadSaludos);
20  }
21
22  return {
23    saludar: saludar,
24    despedirse: despedirse,
25    imprimirEstado: mostrarContador
26  }
27 }());
28
29 ModuloSaludador.saludar();           // hola
30 ModuloSaludador.despedirse();        // chau
31 ModuloSaludador.imprimirEstado();    // 2
```

Revealing module pattern

Para el ejemplo dado, se mantiene un estado interno que cuenta la cantidad de saludos dados. Se puede apreciar como tanto `cantidadSaludos` y la función `incrementarSaludos` son de alguna forma atributos privados del módulo.

Lo que retorna la función constructora del módulo en realidad es un objeto con las funciones del mismo, a modo de API. Notar el detalle de la función `mostrarContador`, que internamente para el módulo se llamará de esa manera, pero el módulo la expone con otro nombre, `imprimirEstado`.

La simplicidad de éste método de modularizar es una gran ventaja. No se requieren librerías externas. Una ventaja clara de la utilización de módulos es que podemos mantener namespaces más limpios a nivel aplicación.

Una desventaja de éste método es que no existe un manejo de dependencias entre módulos. Se puede hacer inyección de dependencias pasándole mediante parámetro el módulo que queremos inyectar como dependencia al nuevo módulo que estemos definiendo. Esto nos obliga a tener que pensar qué módulos deben estar definidos previamente a otros (recordar que el módulo es una IIFE), o nos obliga a cambiar un poco el patrón y utilizar algo más similar al Prototype class pattern, en donde podremos crear más de una instancia de un módulo en particular. Veremos en las soluciones siguientes cómo se aborda el manejo de dependencias para las otras técnicas.

4.5.2. Sistemas de módulos

Ante la falta de soporte, la propia comunidad se encargó de crear sus propios formatos estandarizados para modularizar sus aplicaciones. A mi entender, las dos partes claves que se agregaron con esta solución fue el manejo de dependencias entre módulos, y la capacidad de poder separar módulos en distintos archivos.

Los dos formatos más populares son **AMD** y **CommonJS**. Se pueden pensar a estos formatos como la parte sintáctica de los módulos, ya que luego será necesario hacer uso de algún module loader (librerías externas tales como **SystemJS** o **RequireJS**) para conectar y hacer funcionar a los módulos.

AMD

La sigla representa «Asynchronous Module Definition», en español sería definición de módulo asíncrono. Tal como se puede intuir por el nombre, se trata de una especificación para definir módulos y dependencias, y que las mismas sean cargadas de forma asincrónica.

En la especificación se puede encontrar un único método `define` para definir un módulo que, tiene sus variantes dependiendo de la cantidad y el tipo de los parámetros dados. Para los ejemplos que se mencionarán aquí, solo usaremos dos parámetros: el primero, un Array que representan las dependencias del módulo que estamos definiendo, y el segundo, una Function que será la definición del módulo propiamente dicho.

Un ejemplo de módulo con dependencias podría ser el siguiente:

```
1 define(['../math', '../mailer'], function (math, mailer) {  
2   var enviarSiEsPrimo = function(n, email) {  
3     if (math.esPrimo(n)) {  
4       mailer.enviar(email);  
5     }  
}
```

```
6   }
7
8   return {
9     enviarSiEsPrimo: enviarSiEsPrimo
10  }
11 }
```

Ejemplo de AMD

El primer parámetro dado es un arreglo con las dependencias. En nuestro caso, damos la ruta relativa a otros dos módulos *math* y *mailer* que supongamos que existen. El segundo parámetro es la definición del módulo que queremos crear, el cual será una función cuyos argumentos formales corresponden a las dos dependencias recién mencionadas. Lo que sucede por detrás es una inyección de éstas dependencias.

Para nuestro caso del ModuloContador, una adaptación en AMD podría ser la siguiente:

```
1 define([], function () {
2   var cantidadSaludos = 0;
3
4   var incrementarSaludos = function() {
5     cantidadSaludos++;
6   }
7
8   var saludar = function() {
9     console.log("hola");
10    incrementarSaludos();
11  }
12
13  var despedirse = function() {
14    console.log("chau");
15    incrementarSaludos();
16  }
17
18  var mostrarContador = function() {
19    console.log(cantidadSaludos);
20  }
21
22  return {
23    saludar: saludar,
24    despedirse: despedirse,
25    imprimirEstado: mostrarContador
26  };
27 });
```

Modulo contador en AMD

CommonJS

La otra especificación de módulos popular es la de CommonJS. A diferencia de AMD, la carga de los módulos se hace de forma sincrónica.

Podemos separar a la definición de un módulo en tres partes:

- La importación de las dependencias, que se hacen mediante un método especial `require`.

- La definición del módulo propiamente dicho, es decir, su código.
- La exportación de los métodos públicos del módulo, mediante uso de la propiedad `module.exports`.

Nuevamente, la idea no es profundizar sobre la especificación de CommonJS. De hecho, es un poco más amplia de lo que se menciona en éste documento, pero para el concepto que se quiere mostrar, es suficiente con lo recién mencionado.

Un ejemplo equivalente a lo realizado en el módulo AMD, el cual usaba dependencias *math* y *mailer*, podría ser el siguiente:

```
1 var math = require('./math');
2 var mailer = require('./mailer');
3
4 var enviarSiEsPrimo = function(n, email) {
5     if (math.esPrimo(n)) {
6         mailer.enviar(email);
7     }
8 };
9
10 module.exports.enviarSiEsPrimo = enviarSiEsPrimo;
```

Para el caso del ModuloContador, una versión en CommonJS podría ser la siguiente:

```
1 var cantidadSaludos = 0;
2
3 var incrementarSaludos = function() {
4     cantidadSaludos++;
5 };
6
7 var saludar = function() {
8     console.log('hola');
9     incrementarSaludos();
10 };
11
12 var despedirse = function() {
13     console.log('chau');
14     incrementarSaludos();
15 };
16
17 var mostrarContador = function() {
18     console.log(cantidadSaludos);
19 };
20
21 module.exports = {
22     saludar: saludar,
23     despedirse: despedirse,
24     imprimirEstado: mostrarContador
25 };
```

Modulo contador en CommonJS

4.5.3. Módulos en ES6

Probablemente una de las características más enriquecedoras introducidas a partir de ES6, es la del soporte nativo para los módulos. Este soporte de módulos mimetiza

la característica de asincronía en AMD, y la sintaxis concisa en CommonJS. De hecho, la sintaxis es extramadamente más concisa que en CommonJS, además de que se tiene un mejor soporte para las dependencias cíclicas, y gracias a la estructura de los módulos en ES6, se puede hacer un análisis estático y así realizar, por ejemplo, optimizaciones.

Las dos palabras resevadas a tener en cuenta para éste tipo de modularización son `import` y `export`. Con `import` se realizará la importación de dependencias para el módulo que estemos definiendo. Con `export`, se realizará la exportación cualquier miembro del módulo que se desee exponer. Una vez más, existen variantes para la parte de `export` como por ejemplo *named export* y *default export* que si bien se las mencionarán mediante ejemplos, escapan de este documento y queda a cargo del lector conocerlas en detalle.

Un dato a tener en cuenta, es que el soporte de los módulos para ES6 aún no está implementado en su completitud en el intérprete de todos los navegadores. Al punto tal de que quizás para hacer uso de ésta característica puede que sea necesaria una herramienta de traducción y compilación (acción conocida como «transpile») tal como **Babel**, y una herramienta de compilación o empaquetamiento tal como **Webpack**.

Tomando como caso de ejemplo el supuesto módulo *math* visto en las secciones anteriores, podríamos hacer `import` de éste módulo dependiendo de la forma en la que se esté exportando.

```
1 // importando lo que esté por "default"
2 import math from './math';
3 // importando todo lo exportado por math
4 import * as math from './math';
5 // importando y haciendo destructuring de lo que nos sirva
6 import { esPrimo } from './math'
```

Algunos ejemplos de `import`

Para el caso de la exportación también existen varias maneras, y dependiendo de cuál se utilice, será correspondiente luego la forma en la que se importe.

```
1 // exportando una constante con nombre
2 export const PI = 3.1416;
3 // exportando una funcion
4 export function foo() { console.log('foo') }
5 // exportando con "default"
6 export default function bar() {}
```

Algunos ejemplos de `export`

Dependiendo cual sea el caso, tiene sentido después pensar qué parte del módulo se está importando: Si tan solo una parte, el módulo completo, alguna función o atributo particular (siempre que se esté exportando), o lo que exporta el módulo por defecto.

Siguiendo con el grupo de ejemplos, se muestra cómo sería una implementación en ES6 de los módulos ejemplificados en las secciones anteriores:

```
1 import { esPrimo } from './math';
2 import { enviar } from './mailer';
3
4 export function enviarSiEsPrimo(n, email) {
5   if (esPrimo(n)) {
6     enviar(email);
7   }
8 }
```

Ejemplo de módulo en ES6

Un particularidad a tener en cuenta en este ejemplo es que en las líneas 1 y 2 se hizo *destructuring* de los módulos *math* y *mailer*, dado que solo nos interesan las funciones *esPrimo* y *enviar*. Por otro lado, el *export* en la definición de la función se puede hacer de forma separada (es decir, definir la función por un lado y luego hacer *export enviarSiEsPrimo*. Cualquiera de las dos formas es válida, pero se busca mostrar qué tan conciso queda el código con ES6.

Ahora veamos un ejemplo de *ModuloContador*, el cual no posee dependencias. Para este caso, mostraremos una variante del *export* totalmente válida, en la que se hace un único *export* de las tres funciones que expone el módulo.

```
1 var cantidadSaludos = 0;
2
3 var incrementarSaludos = function() {
4   cantidadSaludos++;
5 };
6
7 var saludar = function() {
8   console.log('hola');
9   incrementarSaludos();
10 };
11
12 var despedirse = function() {
13   console.log('chau');
14   incrementarSaludos();
15 };
16
17 var mostrarContador = function() {
18   console.log(cantidadSaludos);
19 };
20
21 export { saludar, despedirse, mostrarContador as imprimirEstado };
```

Modulo contador en ES6

4.6. Lo bueno, lo malo, lo feo...