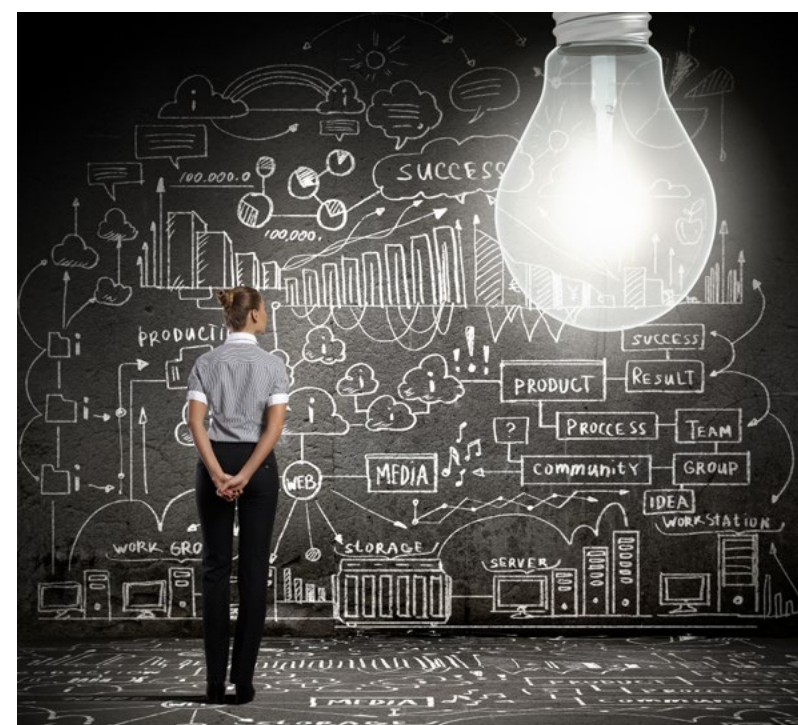




## CONTENIDO CAPÍTULO II



### Modelos de Calidad



Video



## Modelos de Calidad



# 2

## Modelos de Calidad

Se centra en el concepto de modelo de calidad, dada la importancia que este elemento tiene en un proceso de evaluación de calidad. Se describen los diferentes tipos de modelo y las propiedades, para finalmente presentar algunos de los modelos de calidad más sobresalientes.





## 2.1.

### Modelos de Calidad

La calidad del software ha sido tema de estudio e investigación en las últimas décadas arrojando como resultado estándares de calidad y también los denominados modelos de calidad. En el capítulo anterior se presentaron a manera introductoria algunos estándares ISO relacionados con la calidad a nivel de proceso y los que tratan la evaluación del producto final. En este capítulo se presenta el concepto de **modelo de calidad**, y se analizan algunos modelos de calidad propuestos para la evaluación del producto final.





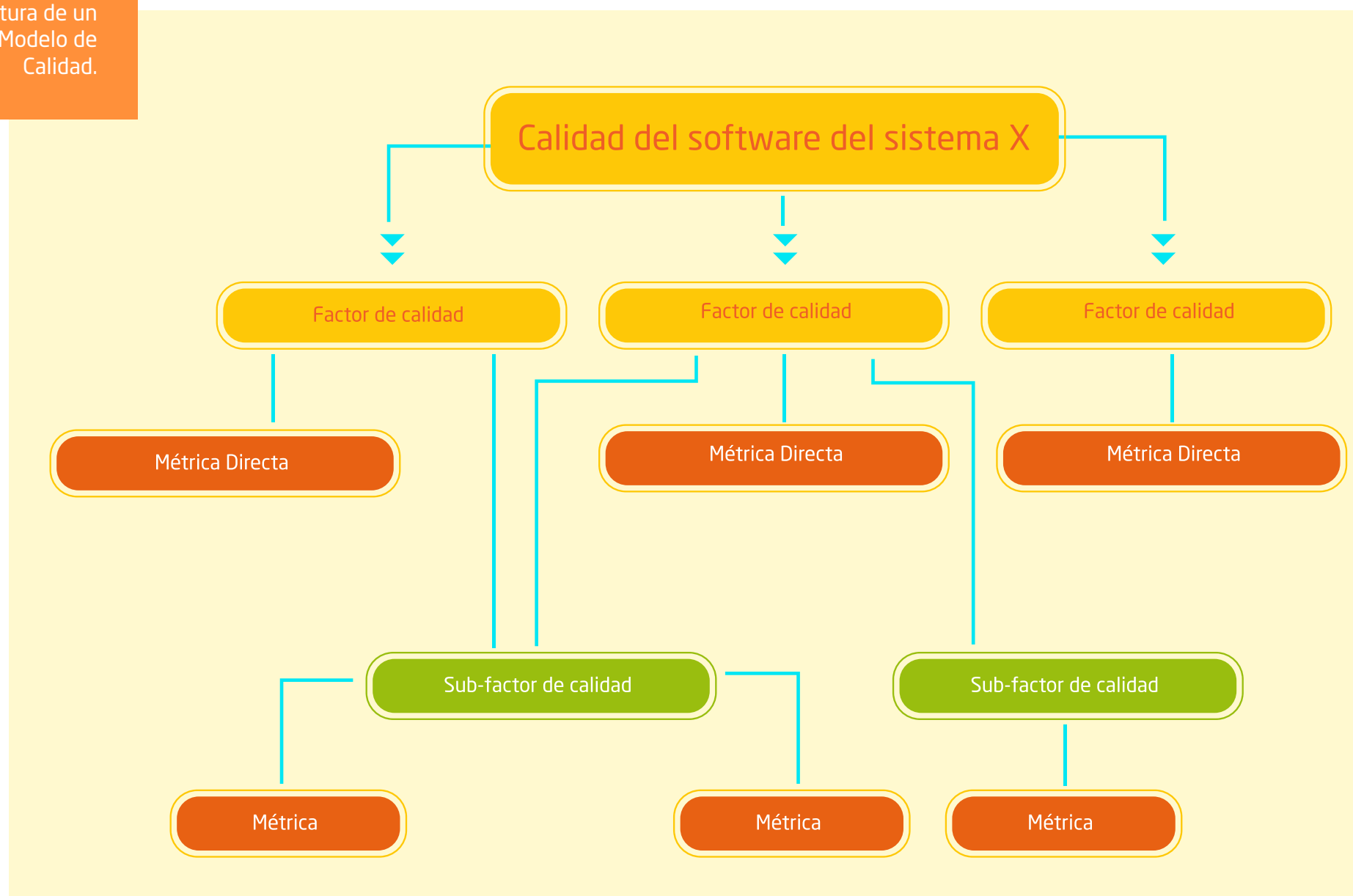
Se puede iniciar resaltando que el concepto de calidad es algo muy genérico por lo cual medirla de manera directa no es posible y esta labor constituye en todo un desafío. Algunos autores han propuesto que la solución al problema de evaluar la calidad del software, pasa por la descomposición del concepto genérico de calidad en propiedades (características o atributos) más sencillas de medir y evaluar, dándole el nombre de **Modelo de Calidad** a este tipo de descomposición. Cataldi (2000).

La ISO dice que un **modelo de calidad** puede ser concebido como el conjunto de factores de calidad, y de las relaciones entre ellos, que suministran un soporte para la especificación y evaluación de la calidad. ISO 8402 (1996). Es decir, los modelos de calidad describen el “qué” mas no el “cómo” de la valoración de calidad de un producto software. Rubio (2005).

Los modelos de calidad presentan por lo general una estructura jerárquica donde se tiene factores genéricos que se van descomponiendo en otros más específicos que si pueden ser medidos mediante lo que se conoce como métricas. En la figura 3 se presenta la representación de una estructura jerárquica, propuesta en el estándar IEEE 1061, para los modelos de calidad.



**Figura 3.**  
Estructura de un  
Modelo de  
Calidad.



**Nota Fuente:** Elaboración propia del autor a partir de la norma IEEE 1061.





Para comprender mejor el concepto de **modelo de calidad** resulta adecuado precisar también la definición de términos como **medida**, **medición** y **métrica**.

## Medida

Proporciona una indicación cuantitativa de la cantidad, dimensiones o tamaño de algunos atributos de un producto. Pressman (2010).

## Medición

Acto de determinar una medida. Pressman(2010).

## Métrica

Es una medida del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado. Pressman (2010).

A manera de complemento se debe indicar que en el campo del software existen también modelos de calidad propuestos para los procesos. Uno de los más conocidos es el CMMI (Capability Maturity Model Integration) que hace parte de la familia de modelos desarrollados por el SEI (Software Engineering Institute). Este modelo permite evaluar las capacidades de las organizaciones que trabajan en el campo del software, y proporciona un marco para organizar la evolución dentro de cinco niveles de madurez que van estableciendo elementos para la mejora continua de los procesos.

Algunos autores plantean que para procesos software la adopción de modelos como el CMMI presentan incluso mejores resultados que la implementación de normas ISO Alarcón (1999). Incluso se plantea que no hay mucha evidencia que indique que al cumplir con unos procesos estandarizados se asegure la calidad del producto, la estandarización de los procesos garantiza la uniformidad en la salida de los mismos, lo que puede incluso institucionalizar la creación de malos productos. Kitchenham (1996).

Sin entrar en esta discusión solo se puede afirmar que ambos, tanto los modelos de calidad como los estándares de calidad, son apuestas que deben hacer las empresas que buscan la calidad. Y lo anterior no significa que una empresa no pueda optar por implementar normas ISO y modelos de calidad simultáneamente. En todo caso lo importante es que las empresas que deciden implantar modelos o estándares de calidad, tienen como objetivo fundamental desarrollar de manera sistemática productos, bienes y/o servicios de mejor calidad y que cumplan con las necesidades y expectativas de sus clientes.





### 2.1.1. Tipos de modelos de calidad.

Piattini plantea que existen tres tipos de modelos de calidad: fijos, a medida, y mixtos. Piattini, Moraga, & Calero (2010). En los modelos de calidad fijos se dispone de un inventario de factores de calidad de partida, y para la evaluación de la calidad de un producto se selecciona un subconjunto de dichos factores. La ventaja de estos modelos fijos es que los factores de calidad siempre son los mismos, y se pueden reutilizar de una evaluación a otra. Como inconveniente se tiene que los factores de calidad siempre serán los mismos, y se asume que algunos de ellos serán suficientes para realizar cualquier evaluación. Como ejemplos de modelos de calidad fijos son el modelo de McCall, Richards, & Walters (1977). Boehm (1976) y FURPS (Grady & Caswell, 1987).





En los modelos de calidad a **medida** no se tiene inicialmente ningún conjunto de factores de calidad, ya que estos deben ser identificados de acuerdo al proyecto. El **modelo de calidad** se construye estableciendo objetivos a alcanzar, que serán los factores de calidad más abstractos que se descomponen a su vez en otros más concretos hasta llegar otros que puedan ser medidos. La ventaja con estos modelos es que pueden ser más refinados y precisos, pero el inconveniente es que deben ser contruidos desde cero para cada proyecto, conllevando a mayores costos en comparación con los modelos fijos, además de no poder ser reutilizados fácilmente de un proyecto a otro. Como ejemplos de modelos de calidad a **medida** se puede mencionar el modelo GQM de Basili presentado en 1992, y el modelo que propone el estándar IEEE 8061 de (1998).

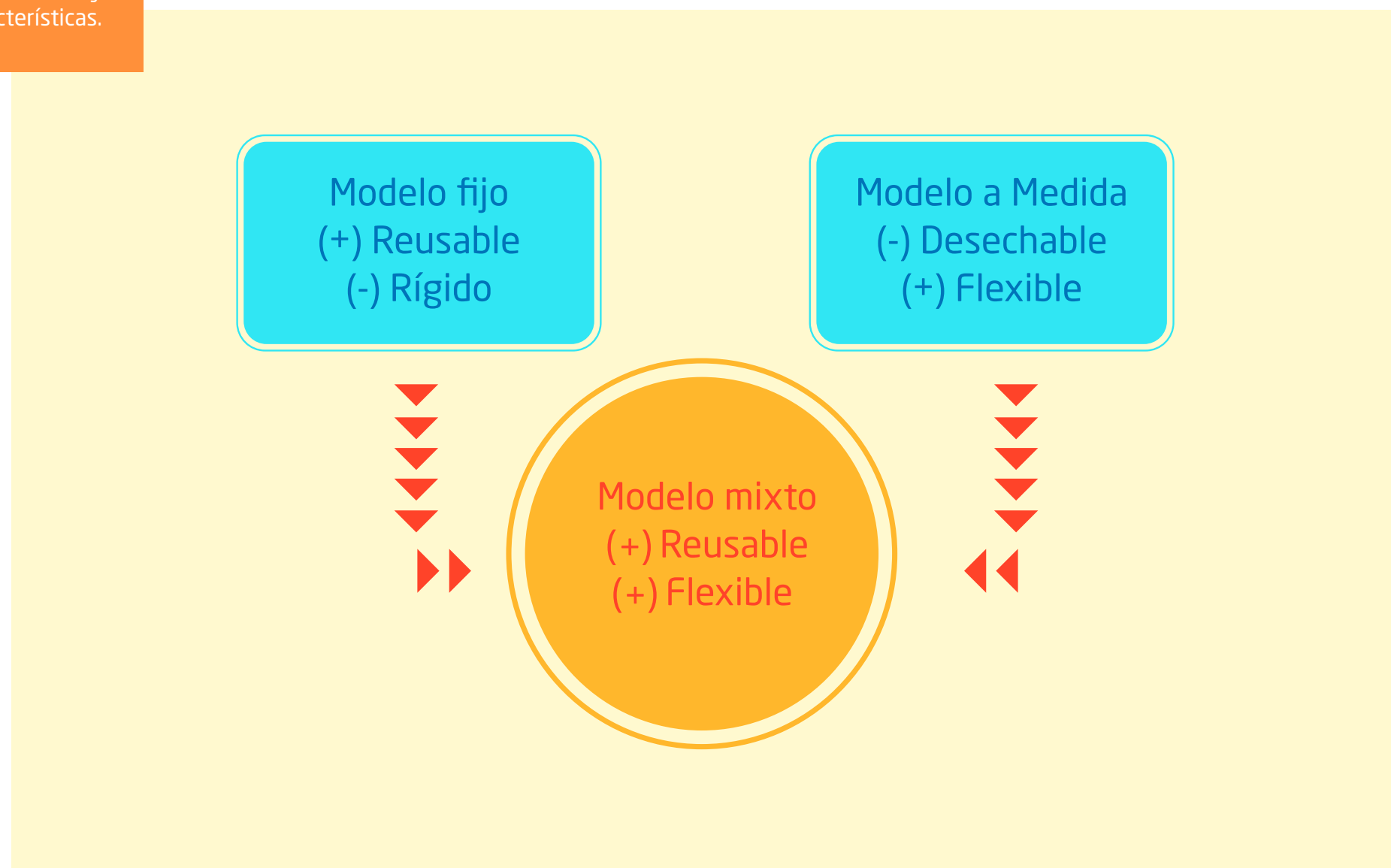
Los modelos mixtos intentan combinar las ventajas de los dos anteriores, buscando por un lado que existan de entrada un conjunto de factores de calidad más abstractos que puedan ser reutilizados en la mayor cantidad de proyectos posibles, pero que a su vez puedan ser refinados y operacionalizados para las necesidades de un proyecto particular.

Como ejemplos de modelos de calidad mixtos se puede citar ADEQUATE de Horgan (1999) y el **modelo de calidad** propuesto en el estándar ISO/IEC 9126 (2001), que será tratado con detalle en el siguiente capítulo; el estándar ISO 9126 recoge los resultados del trabajo realizado por diversos investigadores, y como ya se mencionó actualmente hace parte de la norma ISO 25000 aportando el **modelo de calidad**.

En la figura 4 se resaltan los tipos de modelos de calidad y sus características principales.



**Figura 4.**  
Tipos de Modelos  
de Calidad y  
Características.



**Nota Fuente:** Elaboración propia a partir de Piattini, Moraga, & Calero (2010)





### 2.1.2. Propiedades de los modelos de calidad.

Piattini propone algunas propiedades importantes relacionadas con la estructura de estos modelos de calidad. Las propiedades indicadas son: número de capas, tipos de elementos del modelo, propósito del modelo, y la separación entre elementos internos y externos. Piattini, Moraga, & Calero (2010). A continuación se describen cada una de las características:

El número de capas del **modelo de calidad** indica el nivel de detalle con el que se describe el software, es decir, con más niveles se tiene una mayor descomposición que permitirá obtener una representación más precisa del software.



Los modelos de calidad presentan en común elementos de nivel superior y elementos de nivel inferior. Los elementos de nivel superior son los más genéricos y permiten también agrupar y clasificar otros elementos de más bajo nivel. Los elementos de más bajo nivel que son los que permiten realizar descripciones más detalladas, llegando al punto de hacer posible la evaluación mediante la **medición** de características observables del software.

La característica denominada *propósito del modelo de calidad* está asociado con el hecho de tener modelos muy específicos que son difícilmente reutilizables, o modelos muy generales que pueden ser reutilizados. De hecho el tipo de **modelo de calidad** (fijo, a **medida**, o mixto) determina esta característica.

La característica que alude a la separación entre elementos internos y externos, busca indicar si el modelo permite definir separadamente los factores externos (que son los que pueden ser percibidos por los usuarios) de los factores internos (que están relacionados con las características de construcción del producto). Es de resaltar que no todas las propuestas de modelos de calidad y/o normas permiten la separación de estos factores, para el caso de la norma ISO 9126 e ISO 25000, que son las que resultan de más interés para el curso, se observa claramente la separación.

En cuanto a la relación entre factores de calidad, esta no está solo definida por la estructura jerárquica que establezca el modelo, porque los factores de calidad se pueden encontrar relacionados unos con otros de acuerdo a otros criterios.

La última propiedad que es quizá la más importante indica la relación de las métricas con los factores de calidad, es decir, que en el nivel más bajo (el más específico) de la jerarquía deben existir métricas que permitan efectuar las mediciones. —



## 2.2.

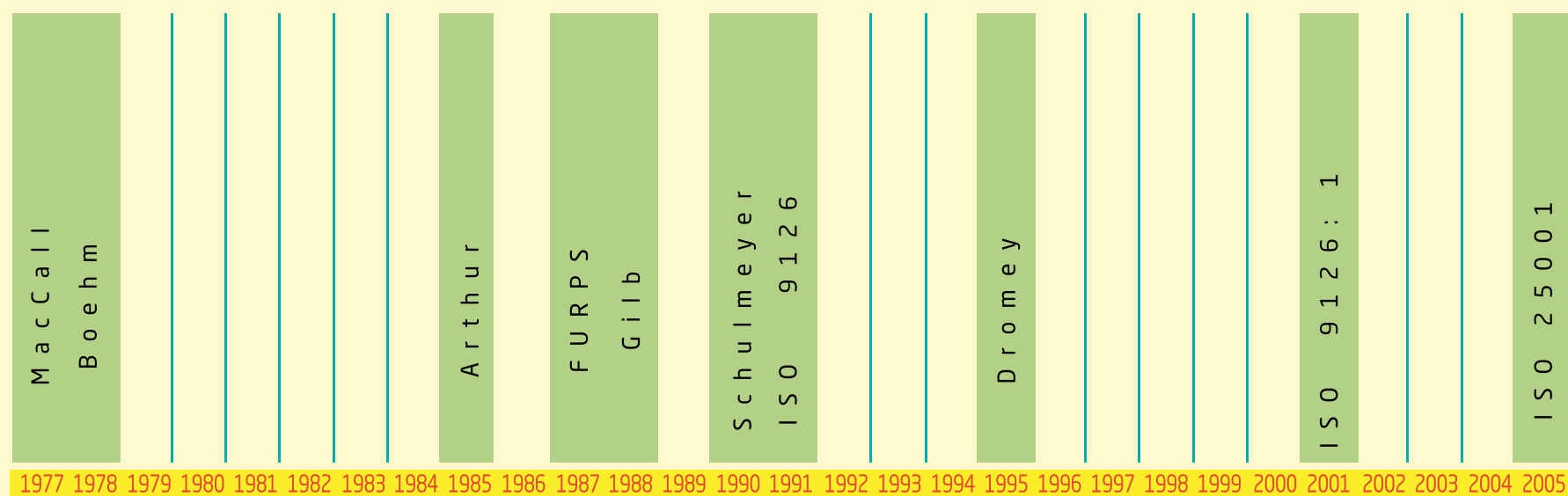
### Algunos Modelos de Calidad.

La calidad del software debe ser evaluada con objetividad y no con subjetividad, es por esto que desde hace mucho tiempo para que se pudiera medir la calidad con objetividad, se empezaron a definir modelos que incorporaban lo que se conoce como factores de calidad.

Existen varias propuestas de modelos que definen factores cualitativos que afectan la calidad del software, la más conocida es quizá la de los factores de calidad de McCall y esta será una de las que se presente junto con otras propuestas como la de Boehm, o FURPS (Functionality, Usability, Reliability, Performance, Supportability) de Hewlett-Packard, que son también conocidas y realizaron aportes interesantes. En la figura 5 se presenta una línea de tiempo que muestra la aparición de las propuestas más conocidas para modelos de calidad.



**Figura 5.**  
Línea de Tiempo  
Modelos de  
Calidad.







- Antes de presentar los modelos de calidad es conveniente resaltar que de una propuesta a otra, se maneja una notación diferente para referirse a los mismos conceptos, por ejemplo: McCall define **factores**, criterios, y métricas; Boehm define **características**, primitivas y métricas; y FURPS, define **factores** y atributos. Lo importante para evitar confusiones es recordar que los modelos de calidad presentan estructuras jerárquicas, donde los elementos de nivel superior son mucho más abstractos que los del nivel inferior que son más específicos y deben poder ser medidos con facilidad.





### 2.2.1. Modelo de calidad de MacCall.

Este **modelo de calidad** fue presentado en 1977 y propone una serie de factores de calidad conocidos como factores de MacCall, Richards, & Walters (1977), la idea del modelo es la descomposición del concepto genérico de calidad en tres capacidades importantes para un producto software, todo desde la mirada del usuario. A su vez cada capacidad se descompone en un conjunto de factores y finalmente se definen criterios para evaluar el factor a través de métricas que indican en qué **medida** el sistema posee una característica dada. En la Tabla 3 se presentan detalladamente las capacidades y factores propuestos por MacCall.




Tabla 3  
Capacidades  
y Factores del  
Producto según  
McCall


Capacidad	Factor	Significado
Operación	Corrección	Grado de cumplimiento de las especificaciones y objetivos del usuario
	Confiabilidad	Grado en el sistema está disponible para usarse.
	Usabilidad	Grado de esfuerzo necesario que se requiere para aprender a utilizarlo.
	Integridad o Seguridad	Grado en el que se controla el acceso al programa o los datos por usuarios no autorizados.
	Eficiencia o Performance	Cantidad de recursos y código requeridos por un programa para realizar una función.

Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)



 Tabla 3 Capacidades y Factores del Producto según McCall	Capacidad	Factor	Significado
	Transición	Portabilidad	Grado que mide el esfuerzo para migrar un programa de un entorno de operación a otro.
		Reusabilidad	Grado de esfuerzo requerido para que el programa o una de sus partes pueda ser utilizado en otro proyecto.
		Interoperabilidad	Grado de esfuerzo dedicado para que un sistema o programa pueda operar conjuntamente con otro.
	Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)		

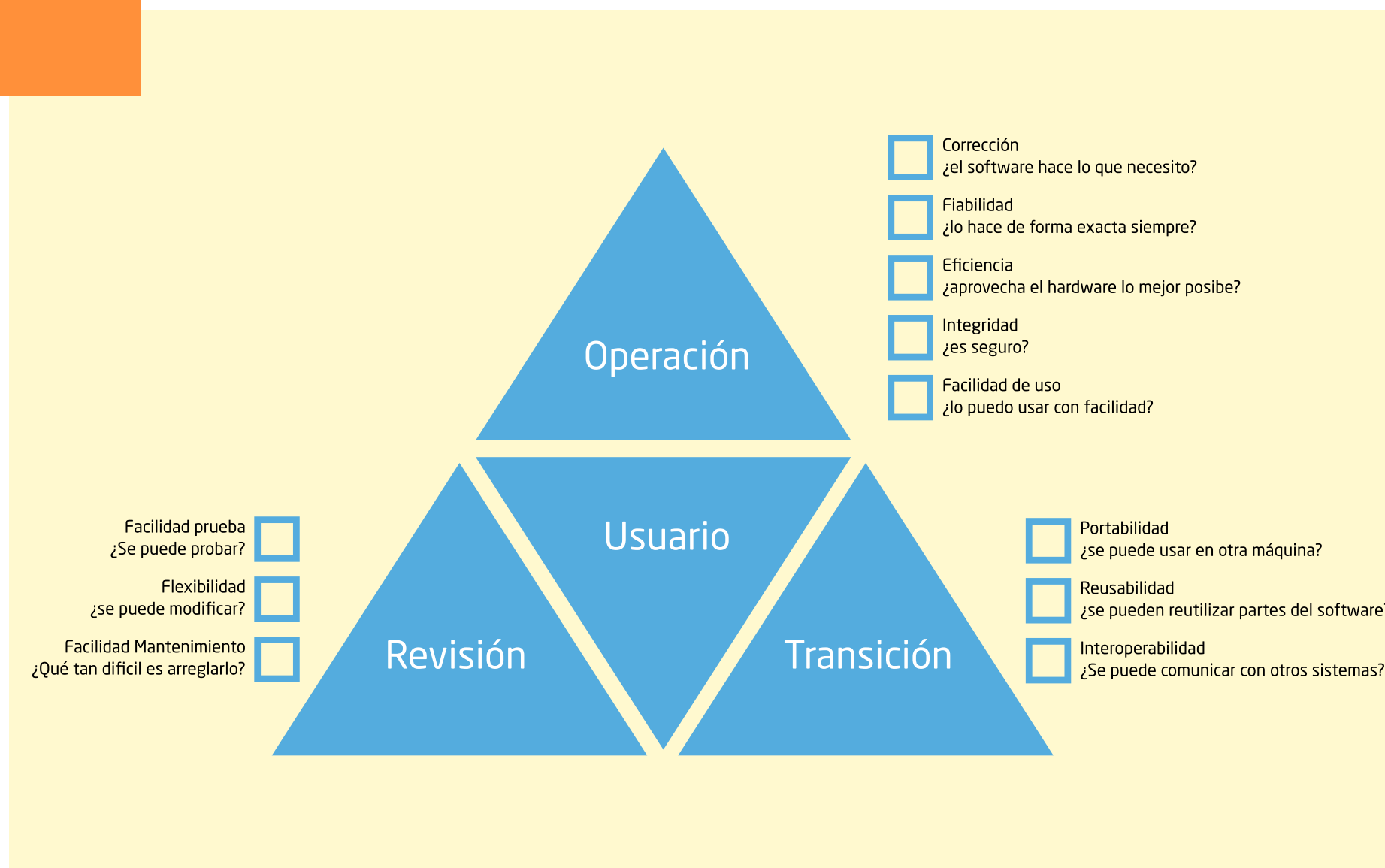


 Tabla 3 Capacidades y Factores del Producto según McCall	Capacidad	Factor	Significado
	Revisión	Facilidad Mantenimiento	Esfuerzo requerido para localizar y corregir un error en un programa en funcionamiento.
		Flexibilidad	Esfuerzo requerido para modificar un software en funcionamiento.
		Facilidad de Prueba	Grado de esfuerzo requerido para probar un programa verificando que realice adecuadamente sus funciones.
	Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)		



En la figura 6 se representa como el modelo está planteado desde la perspectiva del usuario.

**Figura 6.**  
Modelo de Calidad  
McCall



**Nota Fuente:** Adaptado de Scalone (2006).



Las métricas propuestas por McCall para indicar el grado en que un sistema posee una determinada característica que impacte la calidad se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Métricas Propuestas por el Modelo de McCall	Métrica	Significado
	Auto documentación	Grado en que el código fuente brinda información de documentación importante.
	Capacidad de expansión	Grado permitido de ampliación del diseño de la arquitectura de datos o procedural.
	Compleción de las funciones	Grado en que se pudieron implementar las funciones requeridas.
	Complejidad	Complejidad del sistema
	Concisión	Densidad del programa en relación a las líneas de código.
	Consistencia	Diseño uniforme del programa empleando técnicas de documentación.
Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)		





Tabla 4  
Métricas  
Propuestas  
por el Modelo de  
McCall

Métrica	Significado
Eficiencia de ejecución	Rendimiento en tiempo de ejecución
Estandarización de comunicaciones	Grado de uso de estándares y protocolos.
Estandarización de datos y estructuras	Manejo de tipos de datos y estructuras uniformes a lo largo del programa
Exactitud de cálculo y de control	Precisión obtenida en los cálculos
Facilidad de auditoría	Facilidad de comprobación
Independencia del hardware	Grado de desacople del software en relación al hardware donde opera.

Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)



Tabla 4  
Métricas  
Propuestas  
por el Modelo de  
McCall

Métrica	Significado
Independencia del software	Grado de independencia del software en relación al sistema operativo, y otras limitaciones del entorno.
Instrumentación	Grado de auto-vigilancia en el funcionamiento e identificaciones de errores.
Modularidad	Independencia funcional de los componentes.
Operatividad	Facilidad de operación
Seguridad	Disponibilidad de elementos de protección del programa y la información.
Simplicidad	Grado de la dificultad para entender el software.

Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)



Tabla 4 Métricas Propuestas por el Modelo de McCall	Métrica	Significado
	Tolerancia a errores	Grado de afectación causado por un error.
	Trazabilidad	Capacidad de seguimiento y asociación de los requisitos con los elementos de diseño.
Fuente: Adaptado de McCall & Cavano (1978)		



Las métricas representan medidas indirectas, es decir, permiten medir la **calidad** pero no de manera directa sino a través de una manifestación visible de ella. La Tabla 5 presenta la relación entre algunos de los factores de **calidad** que propone McCall y algunas métricas comúnmente utilizadas para evaluar la **calidad** del software.



**Tabla 5:**  
Relación entre  
Factores de Calidad y  
Métricas de la Calidad  
del Software

### Métricas de la Calidad del Software

### Factores de Calidad

	Corrección	Confiabilidad	Eficiencia	Integridad	Mantenimiento	Flexibilidad	Facilidad Prueba	Portabilidad	Reusabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad
Auto documentación					X	X	X	X	X		
Capacidad de expansión						X					
Compleción	X										
Complejidad		X				X	X				
Concisión			X		X	X					
Consistencia	X	X			X	X					

**Fuente:** Tomado de Fenton (1991)

**Tabla 5:**  
Relación entre  
Factores de Calidad y  
Métricas de la Calidad  
del Software

### Métricas de la Calidad del Software

### Factores de Calidad

	Corrección	Confiabilidad	Eficiencia	Integridad	Mantenimiento	Flexibilidad	Facilidad Prueba	Portabilidad	Reusabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad
Eficiencia de ejecución			X								
Estd. Comunicaciones										X	
Estandarización de datos										X	
Exactitud		X									
Facilidad de auditoria				X			X				
Facilidad de formación											X

**Nota Fuente:** Tomado de Fenton (1991)

**Tabla 5:**  
Relación entre  
Factores de Calidad y  
Métricas de la Calidad  
del Software

### Métricas de la Calidad del Software

### Factores de Calidad

	Corrección	Confiabilidad	Eficiencia	Integridad	Mantenimiento	Flexibilidad	Facilidad Prueba	Portabilidad	Reusabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad
Generalidad						X		X	X	X	
Independencia hardware									X	X	
Independencia del sistema									X	X	
Instrumentación				X	X		X				
Modularidad		X			X	X	X	X	X	X	
Operatividad			X								X

**Nota Fuente:** Tomado de Fenton (1991)



**Tabla 5:**  
Relación entre  
Factores de Calidad y  
Métricas de la Calidad  
del Software

Métricas de la Calidad del Software	Factores de Calidad										
	Corrección	Confiabilidad	Eficiencia	Integridad	Mantenimiento	Flexibilidad	Facilidad Prueba	Portabilidad	Reusabilidad	Interoperabilidad	Usabilidad
				X							
		X			X	X	X				
		X									
	X										

**Fuente:** Tomado de Fenton (1991)



Este modelo es un **modelo de calidad** fijo y para realizar la evaluación de la calidad de un producto utilizándolo, se selecciona un subconjunto de factores y métricas aceptando que solo están disponibles las que propone el modelo.

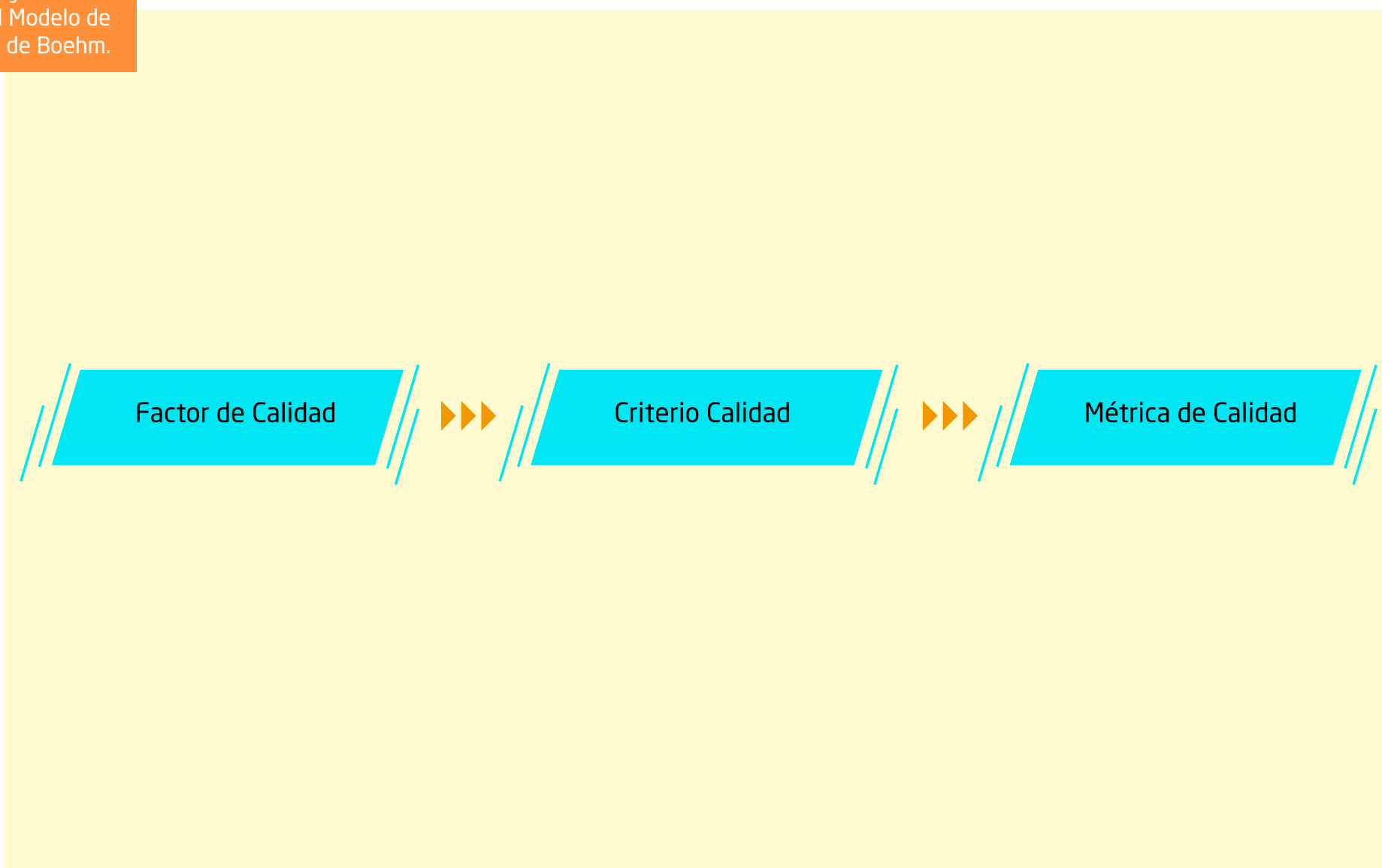
### 2.2.2. Modelos de calidad BOEHM.

Este **modelo de calidad** fue propuesto por Barry Boehm en el año de 1978 y es similar al modelo de McCall definiendo la calidad en términos de atributos cualitativos y métricas para realizar las medidas, ver figura 7.





**Figura 7.**  
Relación entre  
Factores y Métricas  
en el Modelo de  
Calidad de Boehm.



**Nota Fuente:** Elaborado a partir de Scalone (2006)

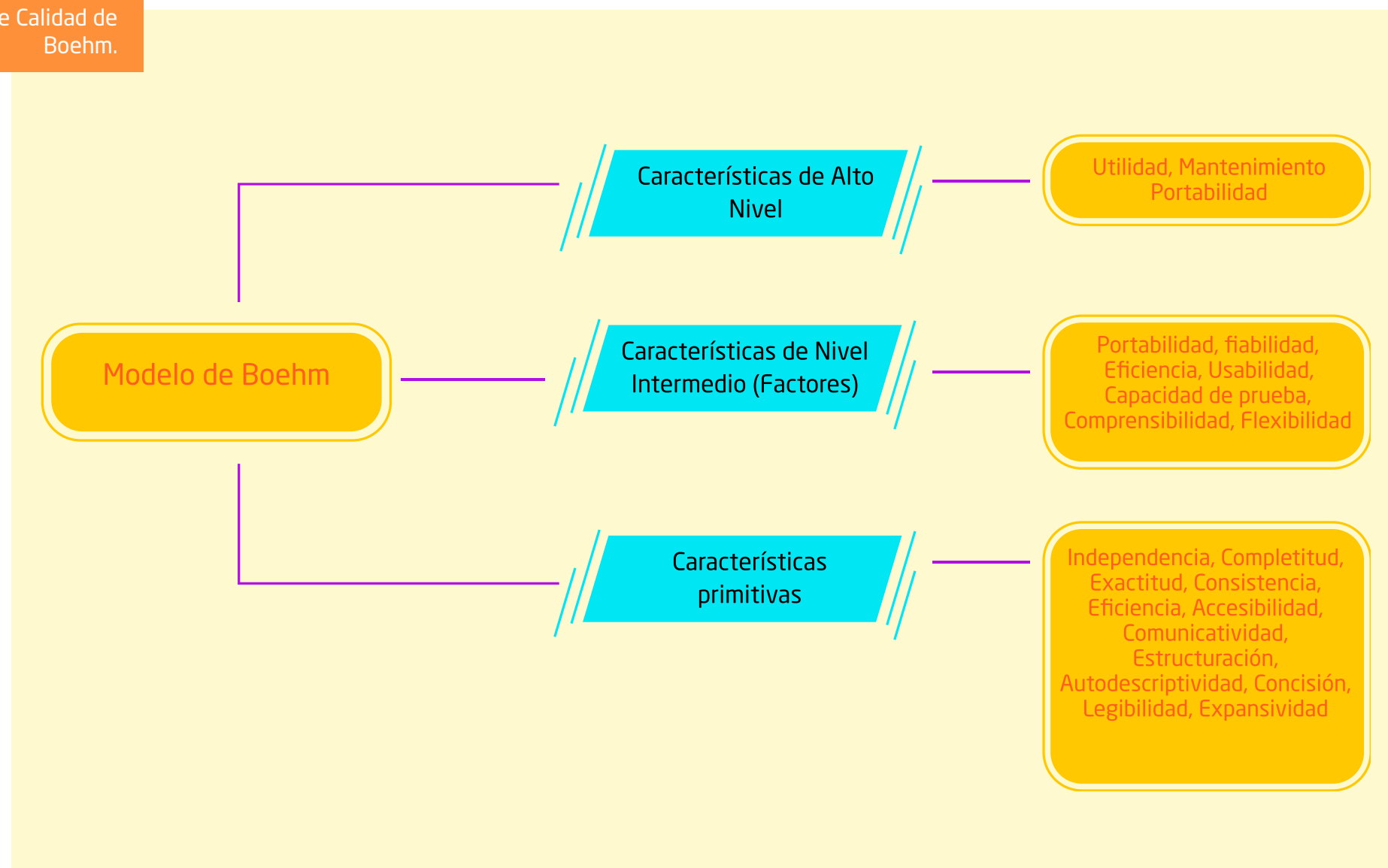




Dentro de los factores que se describen en el modelo se toman muchos de los que propone McCall. La estructura jerárquica del modelo se presenta en la figura 8 y plantea 3 niveles para las características: de alto nivel, de nivel intermedio y nivel primitivo.



**Figura 8.**  
Estructura  
del Modelo  
de Calidad de  
Boehm.

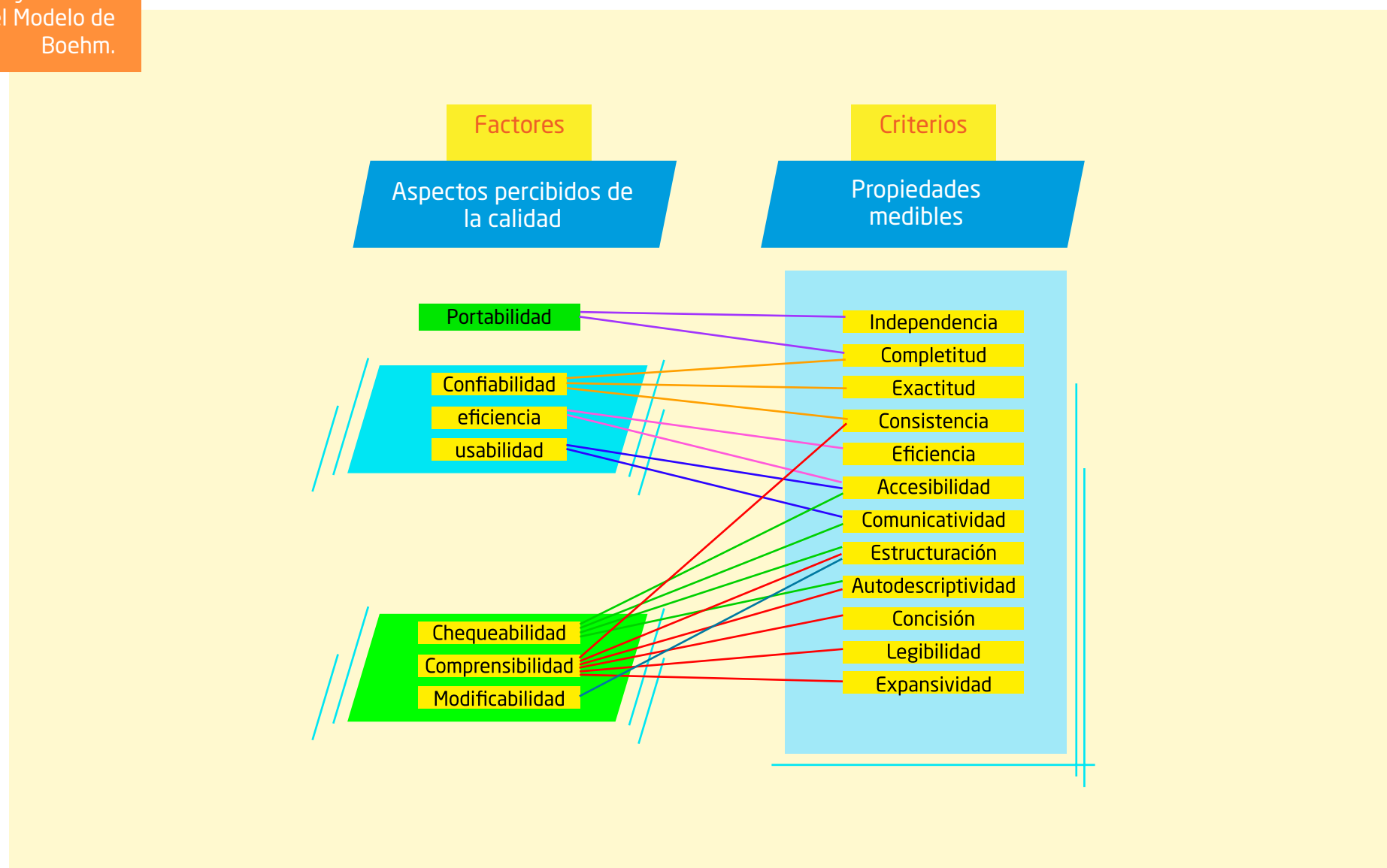


**Nota Fuente:** Elaborado a partir de Scalone (2006)



**Figura 9.**  
Relación entre  
Factores y Criterios  
en el Modelo de  
Boehm.

La relación entre factores y características/propiedades/criterios medibles se presenta en la figura 9.



**Nota Fuente:** Elaborado a partir de Scalone(2006)





### 2.2.3. FURPS.

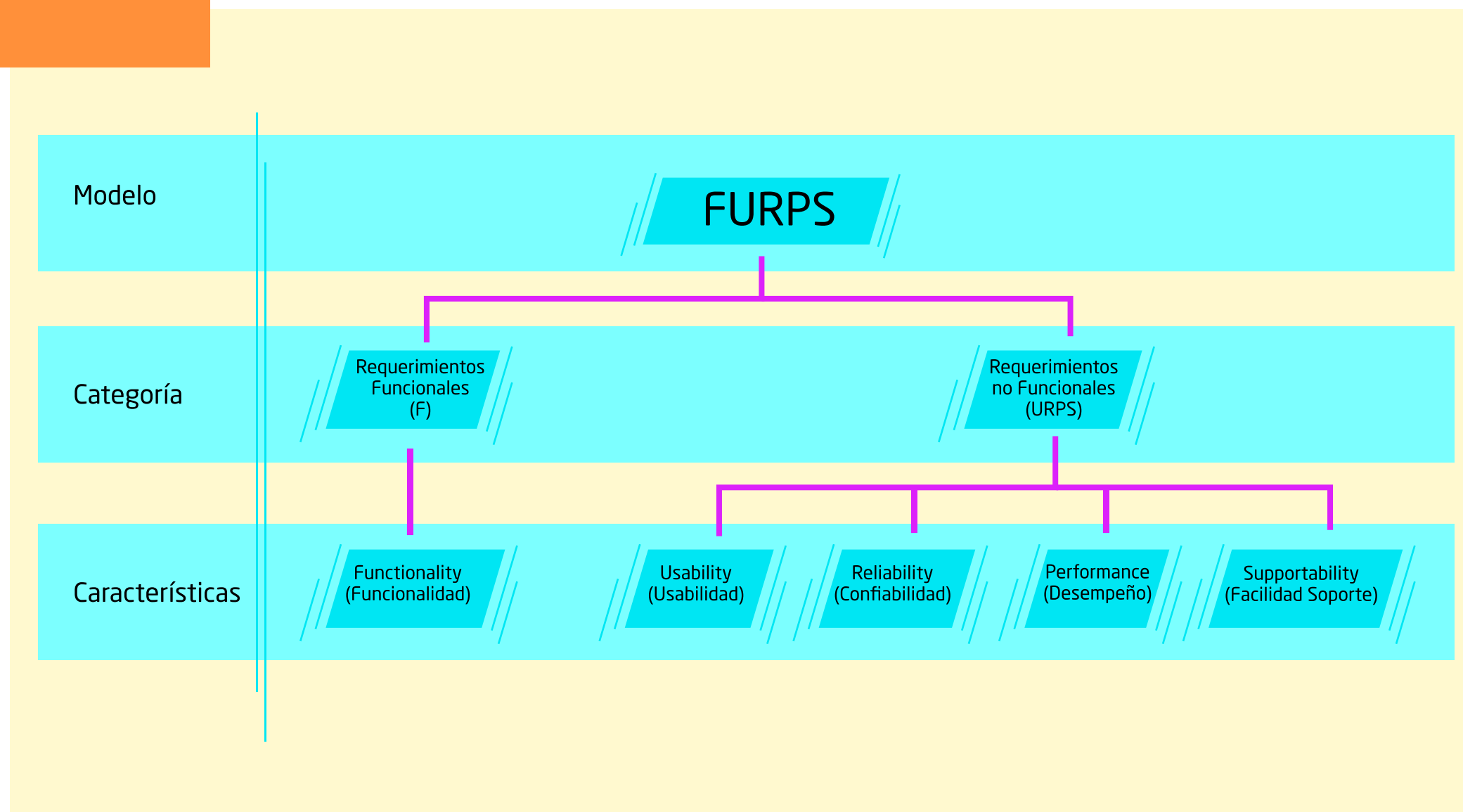
**Modelo de calidad** propuesto por Robert Grady y Hewlett Packard Co (HP) en 1987. Esta propuesta contempla, por un lado 5 características de las cuales se deriva su nombre (Funcionalidad, Facilidad de Uso, Confiabilidad, Performance y Facilidad de Soporte), y por otro, que los requisitos se clasifiquen en dos categorías: requisitos funcionales (F), que son los que especifican funciones que el sistema debe ser capaz de realizar sin tener en cuenta las restricciones físicas; y requerimientos no funcionales (URPS), que puntualizan atributos del sistema o del medio ambiente del sistema. En la figura 10 se presenta la representación de este modelo.







**Figura 10.**  
Modelo de Calidad  
FURPS.





Este modelo es también un **modelo de calidad** fijo y para realizar la evaluación de la calidad de un producto, primero se asignan prioridades y después se definen los atributos de calidad que pueden ser medidos.

#### 2.2.4 Estándares y modelos de calidad.

Se puede dar el caso de que un estándar proponga un **modelo de calidad**, como es el caso del estándar ISO 9126 que define un **modelo de calidad** mixto, basándose en elementos definidos en modelos ya existentes como McCall & Boehm (1976).

La norma ISO 9126 presenta dos partes, la primera es el **modelo de calidad** para tratar la calidad externa e interna, y la segunda es el **modelo de calidad** uso para tratar la calidad en uso; esta norma será presentada en el siguiente capítulo.



1. Modelo de Calidad
2. Factor de Calidad
3. Medida
4. Medición
5. Métrica





Ramírez Aguirre, P., & Ramírez Arias, C. (2010). Estudio de las prácticas de calidad del software implementadas en las mipymes desarrolladoras de software de Pereira. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. p (15-40). Recuperado de:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1977/1/0053R173e.pdf>

Scalone, F. (2006). Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad del software (Maestría Ingeniería en Calidad). p (129-150). Obtenido de Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de:

<http://posgrado.frba.utn.edu.ar/investigacion/tesis/MIC-2006-Scalone.pdf>