



**Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad de Chile**

Métricas e Indicadores: Dos Conceptos Claves para Medición y Evaluación

Contenidos

- **Introducción**
- **Teoría de Métricas**
- **Teoría de Indicadores**
- **Conclusiones/Avances**

✧ **Dr. Luis Olsina**

GIDIS, Facultad de Ingeniería, UNLPam,
La Pampa - Argentina

TE 54 2302 430497 Ext. 6501

E-mail olsinal@ing.unlpam.edu.ar



Esquema



- **Introducción**
- Teoría de Métricas
- Teoría de Indicadores
- Conclusiones



Introducción



Beneficios de la Medición/Evaluación

- * Analizar, Comprender (los atributos de un ente)
- * Controlar (la calidad del producto, ...)
- * Predecir (el tiempo y costo de un proyecto)
- * Mejorar (la calidad de un producto, proceso ...)

Conceptos Medibles (Factores)

- * Calidad, Calidad en Uso, Productividad, Costo ...

Fases del Ciclo de Vida del Software

- * Exploración, Desarrollo, Mantenimiento.



Introducción



❖ **Requerimientos de Medición/Evaluación**

- ✦ Metas, Restricciones (Seguridad, Disponibilidad, etc.)
- ✦ Especificación de Requisitos, Definición de Criterios, Técnicas, Métricas, Indicadores...

❖ **Captura de Datos**

- ✦ Recolección de Datos
 - Automática, Semiautomática, Manual

❖ **Análisis**

- ✦ Técnicas Estadísticas, Visualización Gráfica, Tablas, etc.
- ✦ Interpretación de los datos.

❖ **Recomendaciones**

- ✦ Doc. de Conclusiones, Propuestas de Mejora



Clases de Métodos de Evaluación



Categorías de Métodos

- ✦ Testing
 - ✦ Inspección
 - ✦ Consulta (Inquiry)
 - ✦ Modelado Analítico
 - ✦ Simulación
-
- ✦ Los Métodos y Técnicas a Aplicar pueden ser:
 - ✦ Cuantitativos versus Cualitativos
 - ✦ Automáticos, Semiautomáticos o Manuales
 - ✦ Desde Fácil a Difícil de Usar y Aprender



Taxonomía de Métodos

Taxonomía de Métodos de Evaluación

Clase de Método

- Testing
- Inspección
- Consulta, ...

Tipo de Método

- Análisis de Log Files
- Evaluación de Características y Atributos

Tipo de Automatización

- Manual
- Semi-Automático
- Automático

Nivel de Esfuerzo

- Fácil de Usar, Aprender
- Efectivo, Preciso
- Rango de Aplicabilidad

Fase

- Requerimientos
- Captura
- Análisis
- Recomendaciones



Hacia una Ontología de M&I



- ❖ **Diversos Estándares (principalmente ISO) tratan sobre**
 - ✦ el modelo de calidad de software (ISO 9126),
 - ✦ el proceso de medición (ISO 15939),
 - ✦ el proceso de evaluación (ISO 14598)
 - ✦ otros
- ❖ **Con frecuencia, no existe un claro consenso entre los mismos términos en diferentes documentos o, a veces, términos ausentes**
- ❖ **Necesidad de una Ontología para el dominio de Métricas e Indicadores**
 - Ontologías para el Proceso de Medición y Evaluación



Esquema



- Introducción
- **Teoría de Métricas**
- Teoría de Indicadores
- Conclusiones



Introducción a Métricas



- ✦ **ENTIDAD**
- ✦ **ATRIBUTO**
- ✦ **CONCEPTO MEDIBLE (Calidad, Productiv...)**
- ✦ **MODELO DE CONCEPTO**
- ✦ **METRICA (Directa e Indirecta)**
- ✦ **MEDICION, MEDIDA**
- ✦ **METODO (Medición, Cálculo)**
- ✦ **ESCALA / TIPO DE ESCALA**
- ✦ **UNIDAD**
- ✦ **...**



Introducción a Métricas



ENTIDAD

- ✦ Un objeto que va a ser caracterizado mediante una **medición** de sus **atributos** [ISO-15939].
- ✦ Una entidad puede ser física –tangible– (p.ej. una computadora) o abstracta -intangible– (p.ej. un programa software)
- ✦ Objetos de interés para el dominio de software son:
 - Recurso,
 - Proceso,
 - Producto,
 - Producto en uso?,
 - Proyecto,
 - Servicio



Introducción a Métricas



ATRIBUTO

- ✧ Una propiedad mensurable, física o abstracta, de una **entidad** [ISO 14598-1:1999].
- ✧ el atributo puede ser interno o externo
 - Tamaño de código fuente (atributo interno), precio (atributo externo).
- ✧ el atributo se puede medir (cuantificar) por medio de una métrica directa o indirecta.



Introducción a Métricas



❖ CONCEPTO MEDIBLE





- ❖ Es una relación abstracta entre atributos de una o más entidades, y una **necesidad de información** [ISO-15939].
- ❖ Evaluar o predecir dicho concepto, desde una perspectiva de usuario.
- ❖ Ejemplos de conceptos medibles son: Calidad, Costo, Accesibilidad, Calidad en Uso, Confiabilidad.
- ❖ Ejemplos de perspectivas de usuario son: Gerente, Desarrollador, Usuario final, etc.



Introducción a Métricas



MODELO de CONCEPTO

-  El conjunto de subconceptos y las relaciones entre ellos, que sirven de base para una ulterior evaluación o estimación.
-  Ej. Características y/o subcaracterísticas y sus relaciones que proveen las bases para modelar Calidad.
-  Una característica puede estar conformada por subcaracterísticas y atributos.
-  El modelo puede ser fijo (estándar, como ISO 9126-1), propio o mixto.



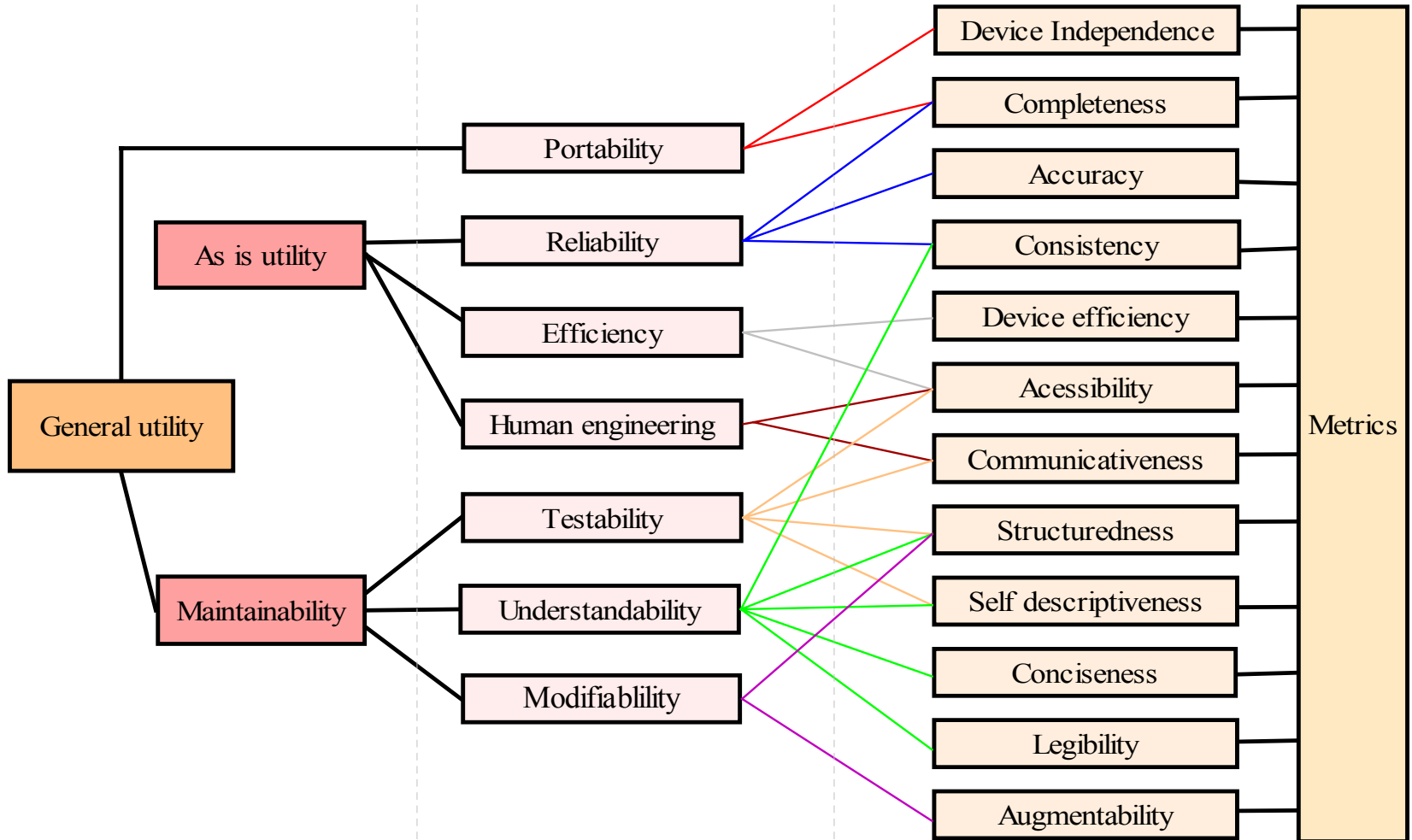
Modelos de Calidad (Boehm - 1978)



Primary uses

Intermediate constructors

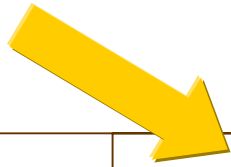
Primitive constructors





Modelos de Calidad (ISO/IEC 9126-1)

Características



**Software
Quality**

Functionality

Reliability

Usability

Efficiency

Maintainability

Portability

Suitability
Accuracy
Interoperability
Security
Compliance

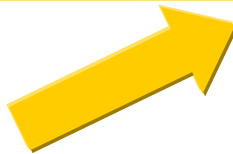
Maturity
Fault Tolerance
Recoverability
Compliance

Understandability
Learnability
Operability
Attractiveness
Compliance

Time behaviour
Resource
utilization
Compliance

Analysability
Changeability
Stability
Testability
Compliance

Adaptability
Instalability
Co-existence
Replaceability
Compliance



Subcaracterísticas



Características y Subcaracterísticas



☆ Usabilidad

- » Comprensión Global del Sitio
- » Ayuda y Retroalimentación
- » Aspectos de Interface
- » Aspectos Estéticos

☆ Funcionalidad

- » Búsqueda y Recuperación
- » Navegación y Exploración
- » Funciones y Contenido Específicos del Dominio (E-commerce, Museos, Universidades ...)

☆ Confiabilidad

- » Enlaces
- » Páginas
- » Compatibilidad de Navegadores

☆ Eficiencia

- » Performance
- » Accesibilidad



Características y Atributos



Confiabledad

- Enlaces
 - » Enlaces Rotos
 - » Enlaces Inválidos
 - » Enlaces no Implementados
- Páginas
 - » Páginas Muertas
 - » Páginas bajo Construcción
 - » Errores de Ortografía



Introducción a Métricas



METRICA

✦ **El método de medición** definido y la **escala** de medición [ISO 14598-1:1999].

✦ **MEDICION**

– Actividad que usa la definición de la métrica para producir el valor de una **medida**.

✦ **MEDIDA**

– Número o categoría asignada a un **atributo** de una entidad mediante una **medición** [ISO 14598-1:1999]



Introducción a Métricas



❖ **METODO (de MEDICION, CALCULO)**

- ❖ Secuencia lógica de operaciones y potenciales heurísticas, expresadas de forma genérica, que permite la realización de una descripción de actividad.
- ❖ El **tipo de método** de medición va a depender de la naturaleza de las operaciones utilizadas para cuantificar el atributo. Pueden distinguirse dos tipos:
 - Subjetivo: Cuando la cuantificación supone un juicio realizado por un ser humano.
 - Objetivo: Cuando la cuantificación está basada en métodos numéricos.



Introducción a Métricas



Escala

- ✧ Un conjunto de valores con propiedades definidas [ISO 14598-1].
- ✧ Escala Numérica (Continua o Discreta)
- ✧ Escala Categórica

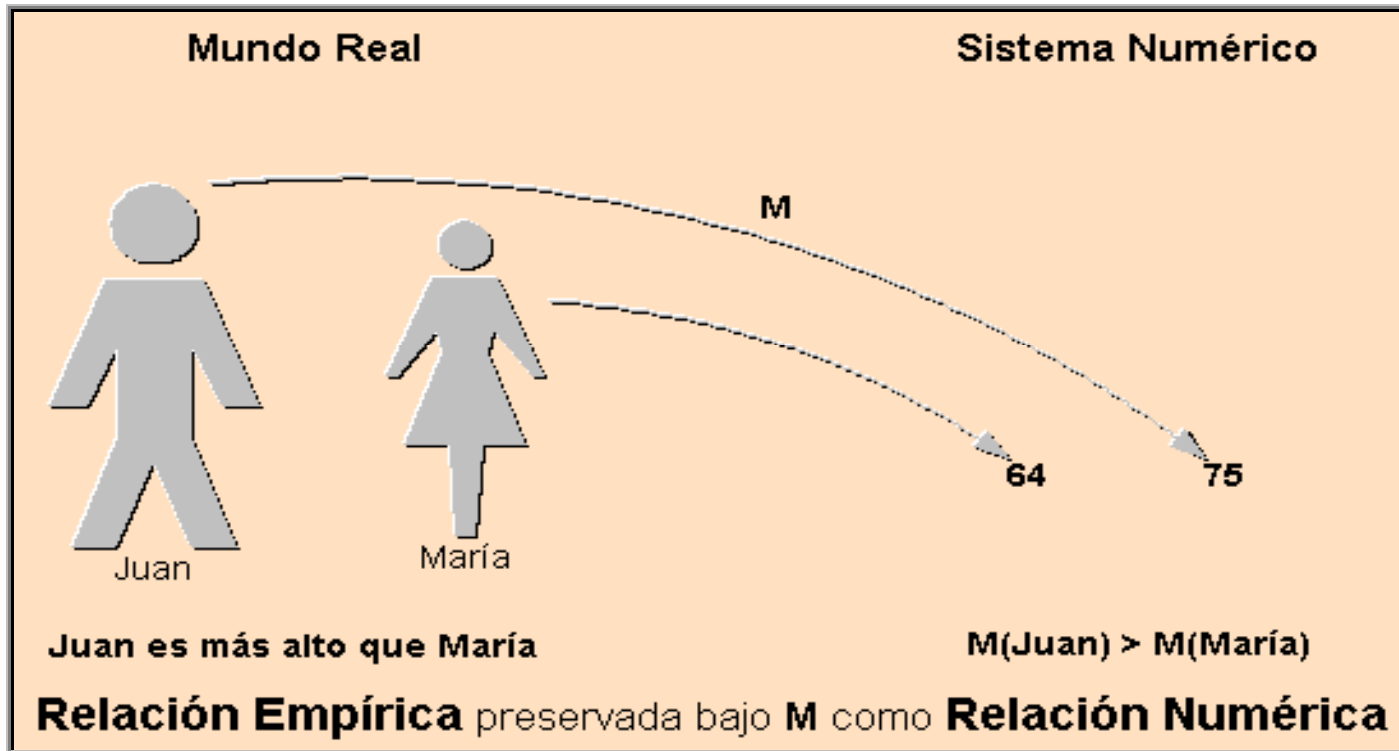
- ✧ Tipos de Escala (Nominal, Ordinal, Intervalo...)



Introducción a Métricas



METRICA Es la correspondencia de un dominio empírico (mundo real) a un mundo formal, matemático. La *medida* incluye al valor numérico o nominal asignado al *atributo* de un *ente* por medio de dicha correspondencia. [Fenton]



Juan es más alto que *María* si y sólo si $M(Juan) \geq M(María)$



Introducción a Métricas



METRICA DIRECTA

- ✦ Una métrica de un **atributo** que no depende de ninguna **métrica** de otro atributo.

METRICA INDIRECTA

- ✦ Una **métrica** de un **atributo** que se deriva de una o más métricas de otros atributos.
 - Se formaliza por medio de una Función de Medición (Fórmula, Ecuación).
 - **Función de Medición:** Un algoritmo o cálculo que permite combinar dos o más **métricas**.



Ejemplos de Métricas Directas



- **Longitud del Texto del Cuerpo de una Página**
 - Medido por cantidad de palabras, etc.
- **Cantidad de Enlaces Rotos Internos**
 - Medidos por la presencia de errores del tipo 404, (410 ?)
- **Cantidad de Imágenes con Texto Alternativo**
 - Medido por la presencia de la etiqueta ALT (con texto no nulo) en cada una de las imágenes vinculadas a las páginas de un sitio Web



Ejemplos de Métricas Indirectas



✦ **Porcentaje de Enlaces Rotos de un Sitio**

$$\text{PorcentajeEnlacesRotos} = \frac{\text{CantidadEnlacesRotosInternos} + \text{CantidadEnlacesRotosExternos}}{\text{CantidadTotalEnlaces}} \times 100$$

✦ **Porcentaje de Presencia de la propiedad ALT.**

$$\text{PorcentajePresenciaALT} = \frac{\text{CantidadImágenesALT}}{\text{CantidadTotalImágenes}} \times 100$$



Introducción a Métricas



INSTRUMENTO (Herramienta)

- ✱ Instrumento (o herramienta) que automatiza parcial o totalmente a un método de medición o cálculo.
 - Nota: un instrumento software (de medición o cálculo) es un caso particular de un instrumento (de medición o cálculo).
 - Por ejemplo, un termómetro es un instrumento de medición.



Herramientas de Automatización Métricas Web



- ❖ **Bobby:** CAST [<http://www.cast.org/bobby/>] ; web-based on-line y off-line, con ranking; Analizador Accesibilidad (WAI conformance), de Errores y Fallas, Compatibilidad de Browsers.
- ❖ **Doctor HTML:** Imagiware [<http://www2.imagiware.com/RxHTML>]; web-based y off-line; Analizador de Errores y Fallas, HTML tags, Performance, etc.
- ❖ **LIFT:** UsableNet.com [http://www.usablenet.com/lift_onsite/]; web-based y off-line, con ranking; Analizador de Errores y Fallas, HTML tags, Imágenes, Performance, test de Accesibilidad, etc.
- ❖ **LinkBot:** WatchFire [<http://www.watchfire.com/solutions/linkbot.asp>]; off-line, con ranking; Analizador de Errores y Fallas, Performance, HTTP códigos de estado, etc. Herramienta de reparación.



Introducción a Métricas



✦ ESCALA / TIPOS DE ESCALA

- ✦ Un conjunto de valores con propiedades definidas [ISO 14598-1].
- ✦ Una escala puede ser clasificada de acuerdo a los siguientes **Tipos de Escala**: Nominal, Ordinal restringida, Ordinal no restringida, Intervalo, Proporción, Absoluta.
- ✦ Cada tipo de escala determina las transformaciones admisibles, el tipo de operaciones matemáticas, y los análisis estadísticos que pueden aplicarse sobre el conjunto de valores de la escala.



Introducción a Métricas



❖ UNIDAD (para escalas numéricas)

❖ Una cantidad particular, definida y adoptada por convención, con la que se pueden comparar otras cantidades de la misma clase para expresar sus magnitudes respecto a esa cantidad particular [ISO-15939]

– Ejemplos: LOC, bytes, palabras, links ...



Introducción a Métricas: Tipos de Escala

Tipo de Escala	Transformación Admisible	Estadísticas Significativas	Ejemplos
Nominal	Equivalencia uno-a-uno	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Moda, Frecuencia ❖ Test no paramétricos 	Clasificación, etiquetado
Ordinal	Funciones monotónicas incrementales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mediana, Spearman y Kendall Tau, W ❖ Test no paramétricos ❖ (Todo lo previo) 	Grado de disponibilidad, funcionalidad, complejidad, etc.
Intervalo	$m_1 = a m + b$	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Media Aritmética, Desvío estándar ❖ Coef. de correlación de Pearson ❖ Test no paramétricos ❖ (Todo lo previo) 	Temperatura (Celsius, Fahrenheit) Tiempos relativos, etc.
Proporción	$m_1 = a m$	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Porcentajes, Media Geométrica ❖ Test paramétricos y no paramétricos ❖ (Todo lo previo) 	Preferencia de calidad, tamaño (LOC), longitud, etc.
Absoluta	$m_1 = m$ (Identidad)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ (Todo lo previo) 	Cuentas



Tipo de Escala Nominal

- ✧ En un tipo de escala nominal el sistema relacional empírico consta sólo de categorías diferentes.
- ✧ Cualquier número o símbolo distinto para cada categoría es una medida aceptable, pero no existe orden o noción de magnitud asociado a cada número o símbolo.
- ✧ **Ejemplo:** mido las fallas de software si están en Especificación, Diseño o Codificación y puedo asignar 1, 2 y 3 para las fallas que se encontraron en cada tarea respectivamente, o simplemente A, B y C. *Esta clasificación no nos permite determinar si un tipo de falla es más importante o no que otra.*
- ✧ La **transformación admisible** para el tipo de escala nominal es el conjunto de todos los mapeos 1 a 1.



Tipo de Escala Ordinal

- ❖ Le agrega orden a las categorías del tipo de escala nominal.
- ❖ El sistema relacional empírico está formado por categorías ordenadas con respecto a un atriburo.
- ❖ Cualquier mapeo que preserve el orden es aceptable.
- ❖ No tiene sentido ninguna operación aritmética sobre las categorías.
- ❖ Ejemplo: Complejidad de Software. Si defino trivial, simple, normal, complejo e inentendible, hay una relacion de orden implicito , “*mas complejo que*” el mapeo a números debe preservar este orden, podría ser 1, 2, 3, 4 y 5 o .5, 55,100, 101 y 240, cualquier mapeo que preserve el orden en el sistema numérico es valido.



Tipo de Escala Intervalo

- ❖ Toma información acerca del tamaño de los intervalos que separan las categorías (escala o “salto” de una categoría a otra)
- ❖ Preserva el orden de las categorías
- ❖ Preserva la diferencia entre dos categorías pero no puedo hacer algunas operaciones sobre las mismas; es decir puedo sumar y restar pero no multiplicar o dividir.
- ❖ Ejemplo: **medir la temperatura del aire en Fahrenheit**. Puedo decir que hace 40 grados en NY y 80 en Miami. La diferencia tiene sentido, 40 grados, también si aumenta un grado en NY y Miami pero NO puedo decir que la temperatura en Miami es el doble que en NY, o que en NY es la mitad.
- ❖ El tipo de **transformación admisible** es de la forma: $M' = a * M + b$.



Tipo de Escala de Proporción

- ✧ Es el tipo de escala más usado. Podemos hacer análisis con operadores de multiplicación y división, porcentajes, entre otros. Todas las operaciones aritméticas tienen sentido sobre las categorías.
 - ✧ Ejemplo: La altura de una persona (*Dos veces más alto que*)
- ✧ Se preserva el orden, el tamaño de intervalo y la proporción de las categorías. Hay un elemento cero, que representa la falta total de un atributo.
- ✧ Las categorías mapeadas deben comenzar en cero e incrementarse a intervalos regulares llamados unidades.
- ✧ El tipo de **transformación admisible** es de la forma: $M' = a * M$.



Tipo de Escala Absoluta

- ✧ Es la mas restrictiva. La única **transformación admisible** es la identidad. Es decir, sólo hay un mapeo posible $M' = M$.
- ✧ La medida es hecha (generalmente) contando elementos del conjunto de un atributo de una entidad
- ✧ El atributo tiene siempre la forma “*Número de ocurrencias del atributo X en la entidad E*”
- ✧ Todo análisis aritmético tiene sentido. Ejemplo: *Cantidad de Enlaces Rotos*.



Ejemplo de Atributos/Métricas



Necesidad de Información: *Evaluate the link reliability for static pages of a website*

🕸 **Entidad:** *Producto (web site)*

🕸 **Concepto Medible:** *link reliability (Confiabilidad de Enlaces)*

🕸 **Modelo para Confiabilidad de Enlaces (link reliability)**

1. Link Reliability

// Atributos

1.1 *Internal Broken Links (IBL)*

1.2 *External Broken Links (EBL)*

1.3 *Invalid Links (IL)*



Ejemplo de Atributos/Métricas



1. Link Reliability

// Atributos

1.1 Internal Broken Links (IBL)

// Dos Posibles Métricas para 1.1

a) **#IBL** **Unidad:** *Enlace*; **Escala:** *Numérica, Enteros*

Tipo de Escala: *Absoluta*

Tipo de Método de Medición: *Objetivo*

b) $\%IBL = (\#IBL / \#TL) * 100$; **Unidad:** *Normalizada a Porcentaje*;

Escala: *Numérica, Reales*

Tipo de Escala: *Absoluta*



Para Resaltar



❖ Las métricas NO pueden interpretar por sí solas un concepto medible

Necesidad de INDICADORES



Esquema



- Aseguramiento de Calidad
- Teoría de Métricas
- **Teoría de Indicadores**
- Conclusiones



Introducción a Indicadores



- ☆ **INDICADOR (ELEMENTAL, GLOBAL)**
- ☆ **CONCEPTO MEDIBLE (Calidad, Productiv...)**
- ☆ **MODELO DE CONCEPTO**
- ☆ **MODELO ELEMENTAL, GLOBAL**
- ☆ **CRITERIO DE DECISION**
- ☆ **CALCULO, VALOR INDICADOR**
- ☆ **ESCALA / TIPO DE ESCALA**
- ☆ **UNIDAD**
- ☆ ...



Introducción a Indicadores



INDICADOR

- ✦ **El método de cálculo y la escala** definidos, además del **modelo y criterios de decisión** con el fin de proveer una evaluación o estimación de un **concepto medible** con respecto a una **necesidad de información**.
- ✦ **Indicador Elemental**
 - Preferencia de Enlaces Rotos Internos (*IBL_P*)
- ✦ **Indicador Global**
 - Preferencia en Confiabilidad de Enlaces (*LR_P*)



Introducción a Indicadores



MODELO ELEMENTAL

- ✦ Algoritmo o función asociados a criterios de decisión que modela a un indicador elemental.
- ✦ Ejemplo para *Preferencia de Enlaces Rotos Internos (IBL_P)*

$$IBL_P = 100\% \quad \text{if } \%IBL = 0;$$

$$IBL_P = 0\% \quad \text{if } \%IBL \geq X_{max};$$

$$\text{otherwise } IBL_P = ((X_{max} - \%IBL) / X_{max}) * 100 \\ \text{if } 0 < \%IBL < X_{max}$$

where X_{max} is some agreed upper threshold such as 3



Introducción a Indicadores



❖ **MODELO GLOBAL**

- ❖ Algoritmo o función asociados a criterios de decisión que modela a un indicador global.
- ❖ Ejemplo para *Preferencia de Confiabilidad de Enlaces (LR_P)*

$$GI_1 = (W_{1.1} EI_{1.1} + W_{1.2} EI_{1.2} + W_{1.3} EI_{1.3});$$
$$(W_1 + W_2 + .. + W_m) = 1; \text{ if } W_i > 0;$$

para $i = 1 .. m$

($m = 3$, en nuestro ejemplo).



Introducción a Indicadores

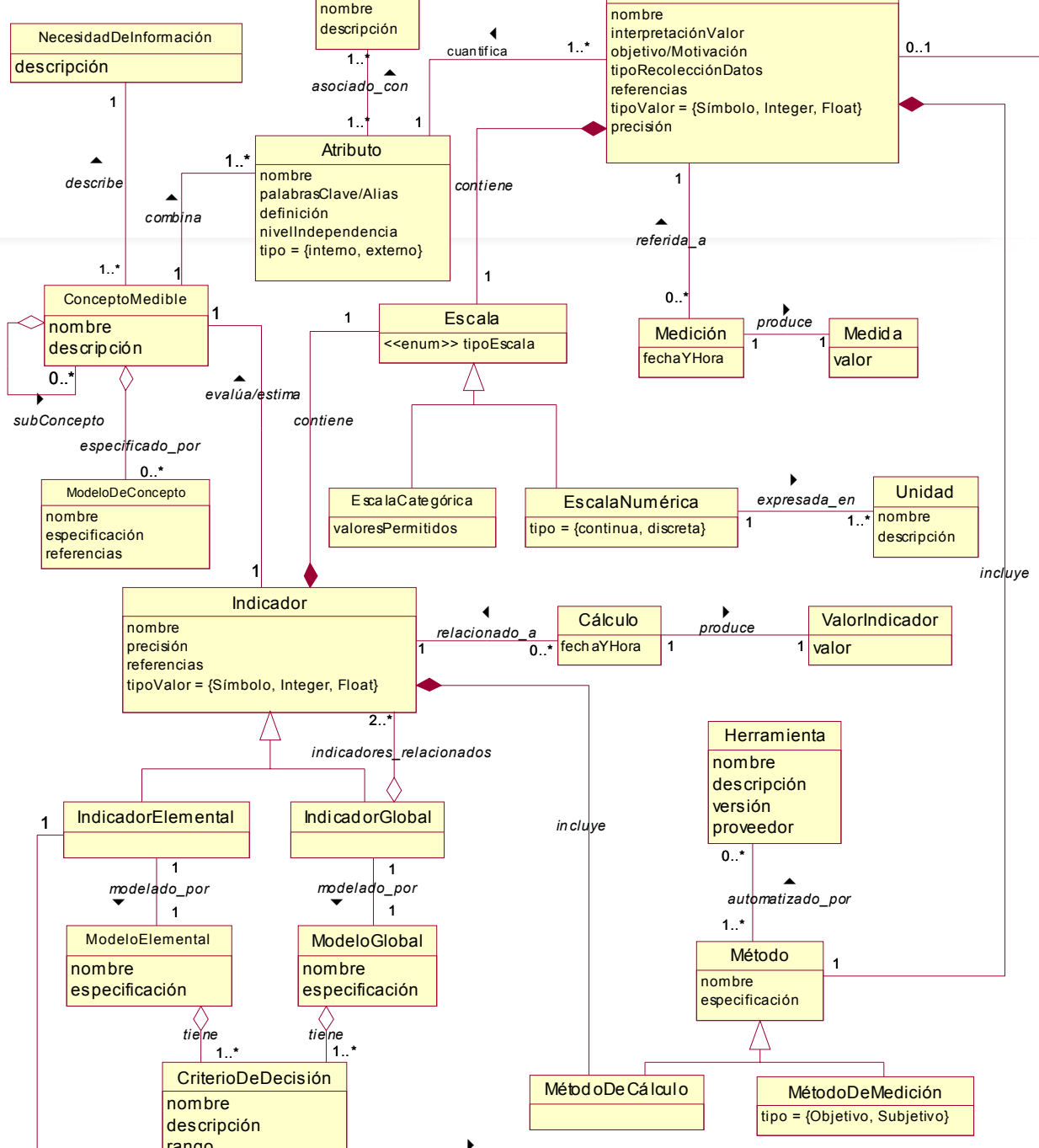


❖ CRITERIO DE DECISION

- ❖ Thresholds, targets, or patterns used to determine the need for action or further investigation, or to describe the level of confidence in a given results [ISO 15939].
- ❖ Ejemplo

*The decision criteria that a model of an indicator have to have are the agreed **acceptability levels** in the given scale; for instance, it is **unsatisfactory** if the range is 0 to 40; **marginal**, if it is greater than 40 and less or equal than 60; otherwise, **satisfactory***

Modelo Conceptual para Indicadores





Esquema



- Aseguramiento de Calidad
- Teoría de Métricas
- Teoría de Indicadores
- **Conclusiones/Avances**



Conclusiones



Metrics are welcome when they are clearly needed and easy to collect and understand Pfleeger

Utilidad de las Métricas

- ❖ Medición “objetiva antes que subjetiva”
- ❖ Especificar en el mundo formal, la correspondencia de un atributo del mundo empírico
- ❖ Operacionalizar Heurísticas
- ❖ Servir de “base” a Métodos Cuantitativos de Evaluación o Predicción.
- ❖ La métrica NO puede interpretar por sí sola un concepto medible (Necesidad de INDICADORES)



Conclusiones



Indicators are ultimately the foundation for interpretation of information needs and decision-making.

Utilidad de los Indicadores

- ❖ Servir de base para cuantificar Conceptos Medibles para una Necesidad de Información
- ❖ Servir de base a Métodos Cuantitativos de Evaluación o Predicción
- ❖ Los indicadores ofrecen información para la toma de decisiones



Trabajos en Avance



🕸 Ontología para Métricas e Indicadores

- ✳ Conceptualización (UML, Tablas)

- ✳ Implementación (RDFS, OWL)

- ✳ Mantenimiento

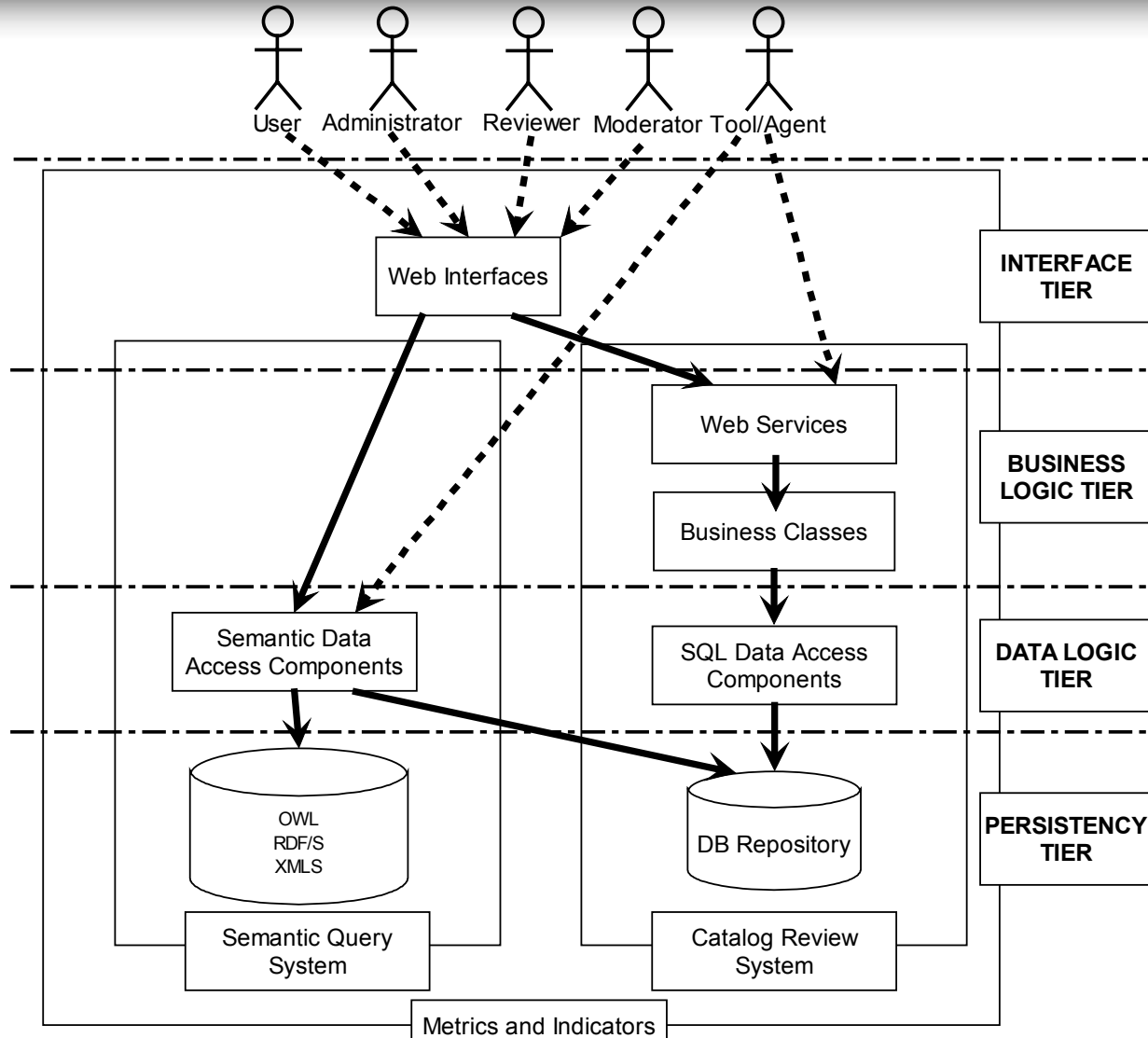
🕸 Ontologías para Procesos de Medición/Evaluación

🕸 Sistema Web para Catalogación de M&I

- ✳ Con Capacidad de Web Semántica



Arquitectura del Sistema





Preguntas ?



PROGRAMA CYTED Proyecto WEST: Web-Oriented Software Technology



Dr. Luis Olsina

E-mail: olsinal@ing.unlpam.edu.ar

URL: <http://gidis.ing.unlpam.edu.ar>



Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software

Departamento de Informática – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de La Pampa

Argentina

© 2003 GIDIS