



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



# Estudio de mecanismos de hibridación para el descubrimiento evolutivo de arquitecturas

**Aurora Ramírez, José Antonio Molina,  
José Raúl Romero, Sebastián Ventura**

Dpto. Informática y Análisis Numérico. Universidad de Córdoba.

***XXI Jornadas en Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD)***  
**Salamanca (España). 13-16 de Septiembre de 2016**

# Índice de contenido

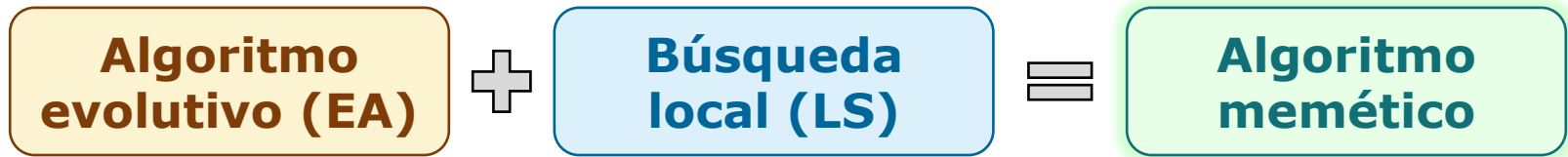
1. Introducción
2. Técnicas de hibridación
3. Algoritmos meméticos
  - a. Búsqueda local como operador
  - b. Búsqueda local como post-procesado
4. Estudio experimental
5. Conclusiones

# Introducción

- Problemas de **optimización arquitectónica**
  - Complejos de resolver
  - Variabilidad en cuanto a sistemas y métricas
- Hibridación de técnicas de optimización
  - Aprovechar las características de cada técnica: **explorar vs. explotar**
  - Difíciles de diseñar
  - Poco aplicado en **Ingeniería del Software basada en búsqueda** (SBSE)



# Técnicas de hibridación



- Algoritmos de **búsqueda local**
  - a. Búsqueda en escalada (HC, *Hill Climbing*)
  - b. Enfriamiento simulado (SA, *Simulated Annealing*)
- **Aspectos a definir:**
  1. Balance entre búsqueda local y global
  2. Algoritmo de búsqueda local
  3. Momento y frecuencia de aplicación
  4. Selección del conjunto de individuos



# Algoritmos meméticos

## Algoritmo inicial

### Descubrimiento de arquitecturas

- Identificación de componentes a partir de clases y sus relaciones
- Problema combinatorio

### Algoritmo evolutivo

- Operador de mutación con 5 posibles transformaciones
- Función de fitness basada en rankings

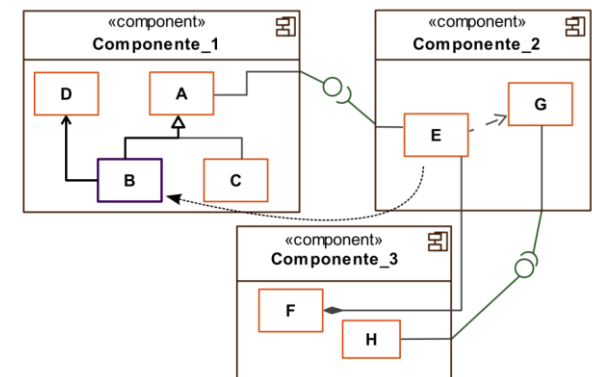
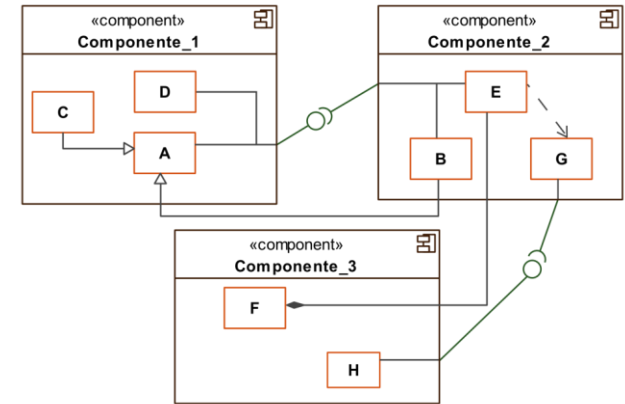
**Formulación del problema con cuatro medidas software contrapuestas**

Medida	Formulación
<i>ICD: Intra-modular Coupling Density</i>	$ICD_i = ((\#cl_i - \#cl_i) / \#cl_i) \cdot (CI_i^{in} / (CI_i^{in} + CI_i^{out}))$ $ICD = \sum_{i=1}^n ICD_i / n$
<i>ERP: External Relations Penalty</i>	$ERP = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n (w_{as} \cdot n_{as_{ij}} + w_{ag} \cdot n_{ag_{ij}} + w_{co} \cdot n_{co_{ij}} + w_{ge} \cdot n_{ge_{ij}})$
<i>CS: Critical Size</i>	$CC_i = 1 \text{ si } \#cl_i > \text{umbral}, 0 \text{ en otro caso}$ $CS = \sum_{i=1}^n CC_i$
<i>CB: Component Balance</i>	$SB(n) = \frac{n-\gamma}{\mu-\gamma} \text{ si } n < \mu, = 1 - \frac{n-\mu}{\omega-\mu} \text{ si } \mu < n < \omega, = 0 \text{ si } n \geq \omega$ $CSU(n) = 1 - \text{Gini}(\{\#cl_i \forall i \in [1, n]\}), CB = SB(n) \cdot CSU$

# Algoritmos meméticos

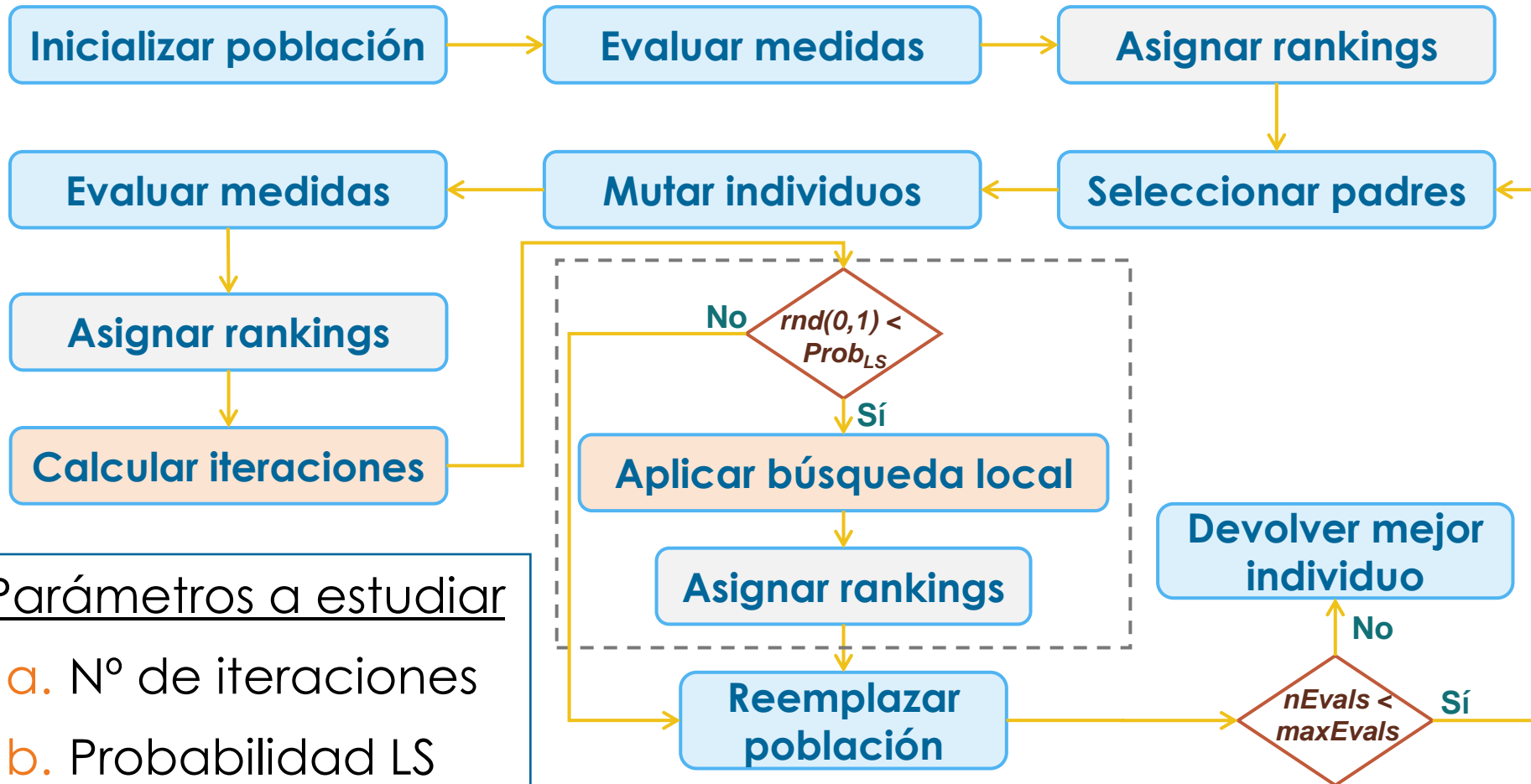
## Procedimiento de búsqueda local

- Objetivo: Explorar el **entorno de vecindad**
- Particularidades:
  - Aplicación del operador **“Mover clase”**
  - Generación de un **única solución** vecina
  - Comparación en **referencia a la población**



# Algoritmos meméticos

## Búsqueda local como operador: EA(LS)

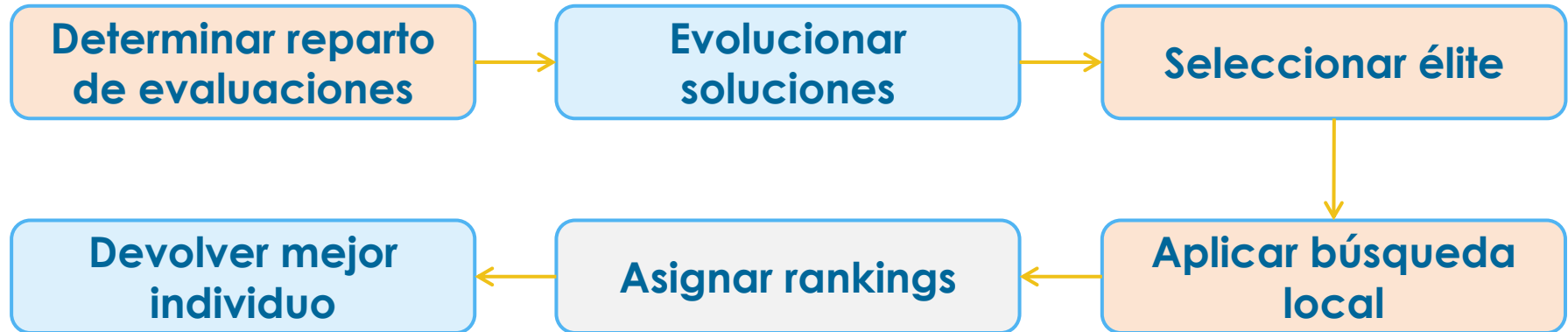


Parámetros a estudiar

- a. N° de iteraciones
- b. Probabilidad LS

# Algoritmos meméticos

Búsqueda local como post-procesado: EA+LS



Parámetros a estudiar

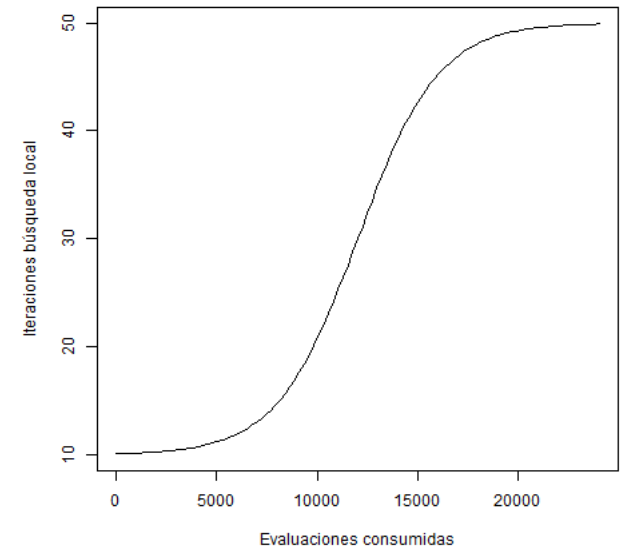
- a. N° de soluciones (%)
- b. N° de iteraciones



# Estudio experimental

## Configuración de parámetros

<b>Parámetros generales</b>	Algoritmos	HC, SA+Exp, SA+Log
	Temperatura inicial SA	Aceptación 50% estado inicial
	Factor enfriamiento SA	0.95
	Máx. Evaluaciones	24.000
	Tamaño población	150
	Problemas	4 instancias (32 a 59 clases)
<b>EA(LS)</b>	Probabilidad LS	0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.8, 0.9, 0.95, 0.99, 1.0
	Nº Iteraciones	Adaptativo entre MIN (10) y MAX (50)
<b>EA+LS</b>	Nº Soluciones	10%, 15%, 20%
	Nº Iteraciones	50, 100, 200



$$nIterLS = \frac{MAX - MIN}{1 + e^{-k \left( \frac{nEvals - \max Evals}{2} \right)}}$$

# Estudio experimental

## Eficiencia de la búsqueda local

EA(LS)

Algoritmo	% Movimientos	Nº Evaluaciones
EA	-	23615,90 ± 729,20
EA(HC)_0.001	35,60 ± 3,20	23589,80 ± 661,10
EA(HC)_0.05	21,60 ± 2,90	23246,60 ± 1132,40
EA(HC)_0.10	21,30 ± 2,50	23067,20 ± 1473,70
EA(HC)_0.20	20,80 ± 2,90	22462,40 ± 2482,90
EA(HC)_0.50	20,10 ± 2,80	22421,80 ± 2421,00
EA(HC)_0.80	19,50 ± 3,00	22284,00 ± 2802,00
EA(HC)_0.90	19,47 ± 3,00	22535,70 ± 2706,90
EA(HC)_0.95	19,50 ± 3,10	21960,60 ± 3025,40
EA(HC)_1.00	19,40 ± 3,00	22460,60 ± 2789,60
EA(SA-m)_0.001	35,20 ± 3,00	23616,00 ± 674,20
EA(SA-m)_0.05	21,90 ± 2,70	23272,10 ± 1107,80
EA(SA-m)_0.10	21,80 ± 2,80	23111,30 ± 1334,60
EA(SA-m)_0.20	22,00 ± 2,50	22699,50 ± 1889,50
EA(SA-m)_0.50	26,50 ± 2,50	22617,00 ± 2062,00
EA(SA-m)_0.80	32,90 ± 1,90	22545,50 ± 3941,70
EA(SA-m)_0.90	34,80 ± 2,00	19079,10 ± 7421,90
EA(SA-m)_0.95	35,76 ± 2,00	19490,70 ± 6870,50
EA(SA-m)_1.00	36,70 ± 2,00	19876,60 ± 6816,70
EA(SA-l)_0.001	31,90 ± 3,00	23707,30 ± 585,10
EA(SA-l)_0.05	17,70 ± 2,00	23187,30 ± 1389,00
EA(SA-l)_0.10	16,90 ± 2,00	22877,00 ± 1551,40
EA(SA-l)_0.20	16,70 ± 1,90	22803,50 ± 1657,00
EA(SA-l)_0.50	18,70 ± 1,50	19013,50 ± 6450,20
EA(SA-l)_0.80	19,30 ± 1,70	14709,00 ± 7221,50
EA(SA-l)_0.90	19,67 ± 1,70	14986,50 ± 7278,00
EA(SA-l)_0.95	19,60 ± 1,60	13019,30 ± 6749,80
EA(SA-l)_1.00	19,70 ± 1,60	15455,00 ± 7143,30

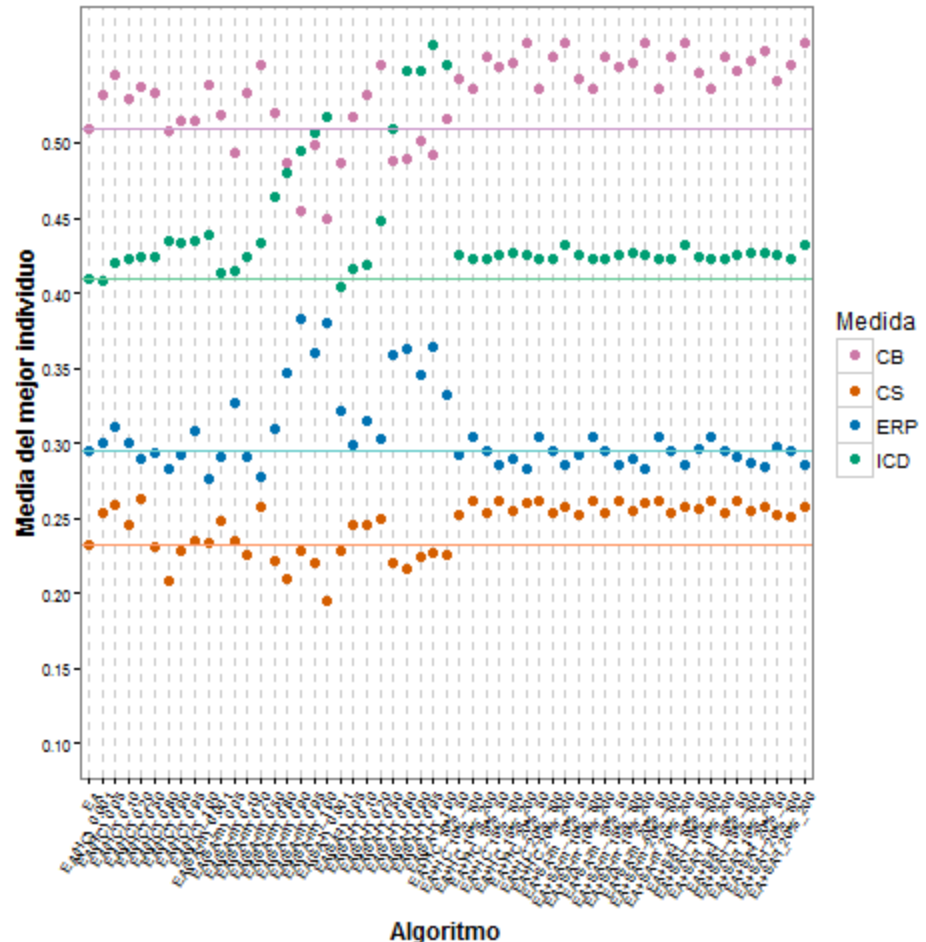
EA+LS

Algoritmo	% Movimientos	Nº Evaluaciones
EA	-	23615,90 ± 729,20
EA+HC_10%_50	100,00 ± 0,00	23347,50 ± 55,70
EA+HC_10%_100	100,00 ± 0,00	22598,40 ± 55,70
EA+HC_10%_200	100,00 ± 0,00	21096,80 ± 56,70
EA+HC_15%_50	100,00 ± 0,00	22945,50 ± 29,40
EA+HC_15%_100	100,00 ± 0,00	21883,30 ± 23,20
EA+HC_15%_200	100,00 ± 0,00	19647,30 ± 30,00
EA+HC_20%_50	100,00 ± 0,00	22598,40 ± 55,70
EA+HC_20%_100	100,00 ± 0,00	21096,80 ± 56,70
EA+HC_20%_200	100,00 ± 0,00	18099,00 ± 57,00
EA+SA-m_10%_50	100,00 ± 0,00	23347,50 ± 55,70
EA+SA-m_10%_100	100,00 ± 0,00	22598,40 ± 55,70
EA+SA-m_10%_200	100,00 ± 0,00	21096,80 ± 56,70
EA+SA-m_15%_50	100,00 ± 0,00	22945,50 ± 29,40
EA+SA-m_15%_100	100,00 ± 0,00	21883,30 ± 23,20
EA+SA-m_15%_200	100,00 ± 0,00	19647,30 ± 30,00
EA+SA-m_20%_50	100,00 ± 0,00	22598,00 ± 55,70
EA+SA-m_20%_100	100,00 ± 0,00	21096,80 ± 56,70
EA+SA-m_20%_200	100,00 ± 0,00	18099,00 ± 57,00
EA+SA-l_10%_50	50,00 ± 1,80	23347,50 ± 55,70
EA+SA-l_10%_100	49,80 ± 1,20	22598,40 ± 55,70
EA+SA-l_10%_200	49,90 ± 0,90	21096,80 ± 56,70
EA+SA-l_15%_50	50,03 ± 1,40	22945,50 ± 29,40
EA+SA-l_15%_100	49,82 ± 1,10	21883,30 ± 23,20
EA+SA-l_15%_200	49,93 ± 0,80	19647,30 ± 30,00
EA+SA-l_20%_50	49,90 ± 1,30	22598,40 ± 55,70
EA+SA-l_20%_100	49,90 ± 0,90	21096,80 ± 56,70
EA+SA-l_20%_200	50,00 ± 0,60	18099,00 ± 55,70

# Estudio experimental

## Influencia en las medidas software

- ✓ El comportamiento varía según la **instancia** del problema y la **medida**
- ✓ El algoritmo original mantiene un **mejor balance** entre medidas
- ✓ Optimizaciones puntuales con el modelo **EA(LS) con SA**



# Conclusiones

- Los resultados indican que:
  - Ejecutar la búsqueda local tras la evolución **no es eficaz**
  - Ejecutar la búsqueda local durante la evolución permite **acelerar la optimización**
  - El **balance entre medidas** puede verse comprometido
- Trabajo futuro
  - Nuevas combinaciones de problemas y medidas
  - **Refinar** el procedimiento de búsqueda local
  - Variantes **multi-objetivo** de los algoritmos

# Estudio de mecanismos de hibridación para el descubrimiento evolutivo de arquitecturas

¡Gracias!



UNIVERSIDAD DE CORDOBA

**Aurora Ramírez**

Email. [aramirez@uco.es](mailto:aramirez@uco.es)

Web. <http://www.uco.es/users/aramirez>

***XXI Jornadas en Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD)***  
**Salamanca (España). 13-16 de Septiembre de 2016**