

# Diseño de Códigos Correctores de Errores con Algoritmos Genéticos

Introducción  
Problema ECC  
Algoritmos  
Experimentos  
Conclusiones y  
Trabajo Futuro

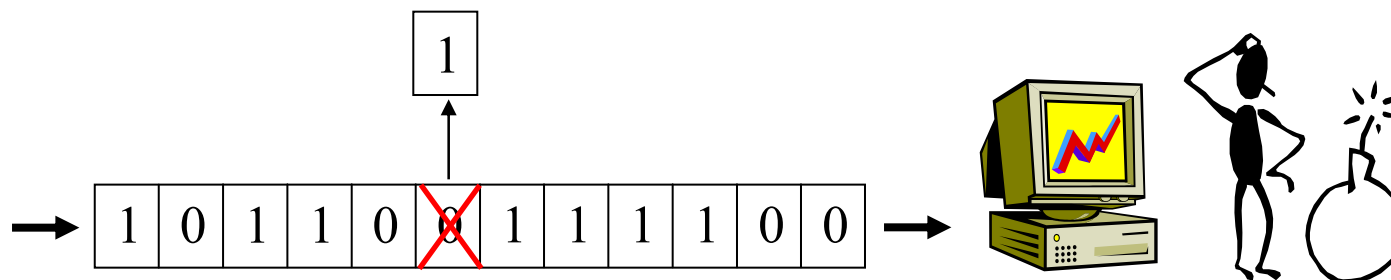


Lenguajes y Ciencias  
de la Computación

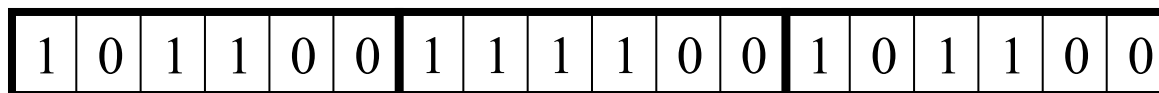
E. Alba, J. F. Chicano, B. Dorronsoro y G. Luque

# Introducción

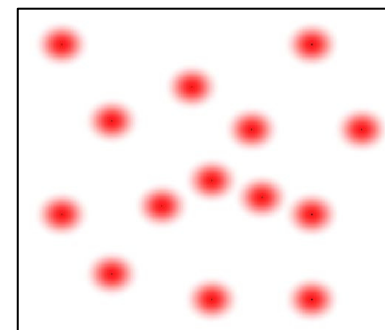
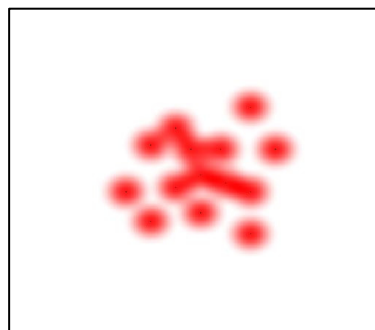
- Algunas aplicaciones no toleran el reenvío de mensajes



- Códigos lineales de bloques

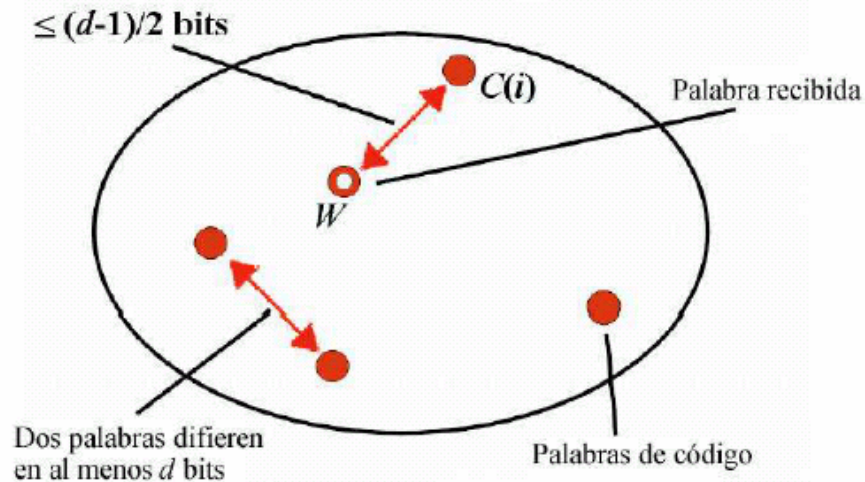


- Mayor distancia → Mayor capacidad de corrección



# Problema ECC

- Diseñar códigos correctores ( $n, M, d$ )
- Objetivo: Dados  $n$  y  $M$  encontrar un código que **maximice**  $d$



- Instancia:  $n = 12$  bits,  $M = 24$  palabras
- Máxima  $d$ : 6

# Algoritmos Genéticos

- Pseudocódigo de un GA general

```

t := 0;
inicializar: P(0) := {a1(0), ..., aμ(0)} ∈ Iμ;
evaluar: P(0) : {Φ(a1(0)), ..., Φ(aμ(0))};
while ι(P(t)) ≠ true do
  seleccionar: P'(t) := sΘs(P(t));
  recombinar: P''(t) := ⊗Θc(P'(t));
  mutar: P'''(t) := mΘm(P''(t));
  evaluar: P'''(t) : {Φ(a1'''(t)), ..., Φ(aλ'''(t))};
  reemplazar: P(t+1) := rΘr(P'''(t) ∪ Q);
  <fase de comunicación>
  t := t + 1;
end while

```

- **CHC:**

- Selección conservadora

- HUX

- Reinicio

- GAs descentralizados: **cGA** y **dGA**

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

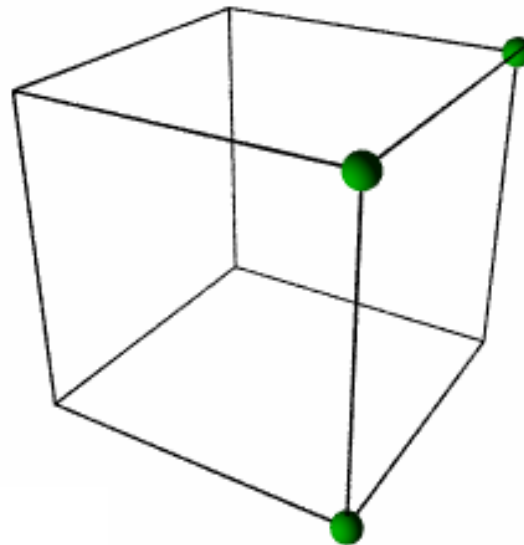
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

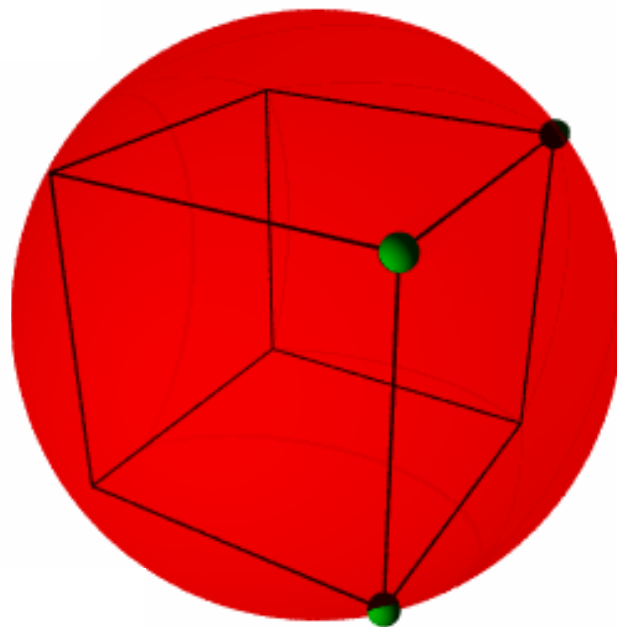
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

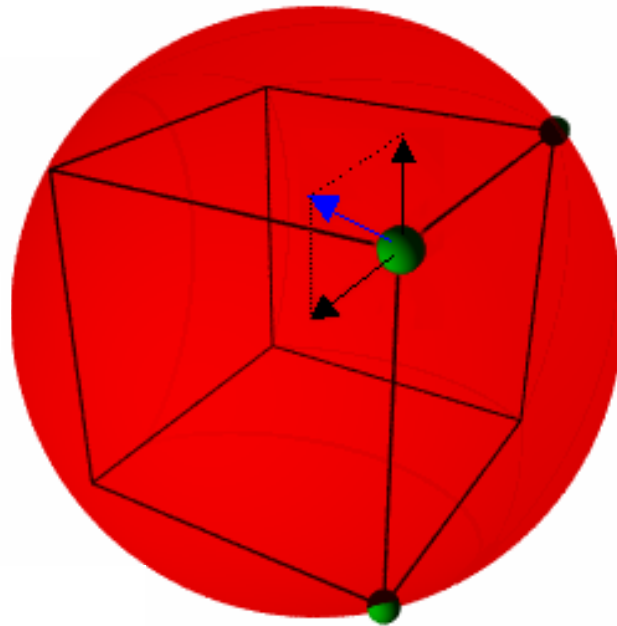
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



$$\mathbf{f}_{ij} = \frac{1}{d_{ij}} \frac{\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j}{\sqrt{d_{ij}}}$$

$$\mathbf{F}_i = \sum_{j=1, j \neq i}^M \mathbf{f}_{ij}$$

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

Híbridos

Experimentos

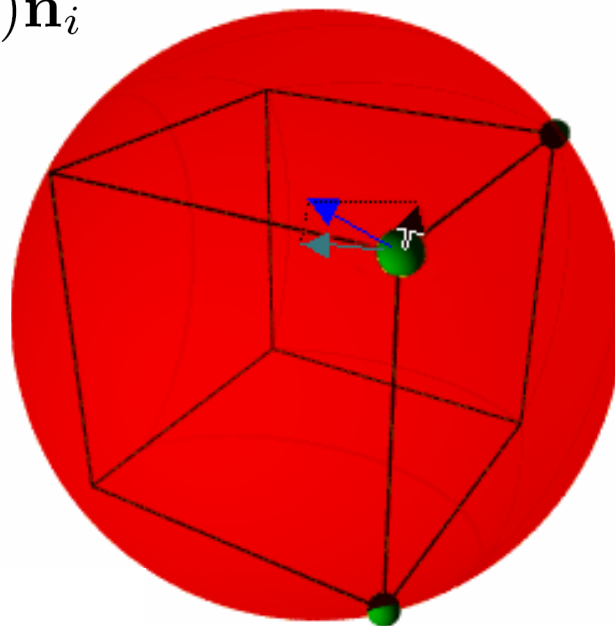
Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella

$$\mathbf{F}_i^n = (\mathbf{F}_i \cdot \hat{\mathbf{n}}_i) \hat{\mathbf{n}}_i$$

$$\mathbf{F}_i^t = \mathbf{F}_i - \mathbf{F}_i^n$$



$$\mathbf{F}_i = \sum_{j=1, j \neq i}^M \mathbf{f}_{ij}$$

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

Híbridos

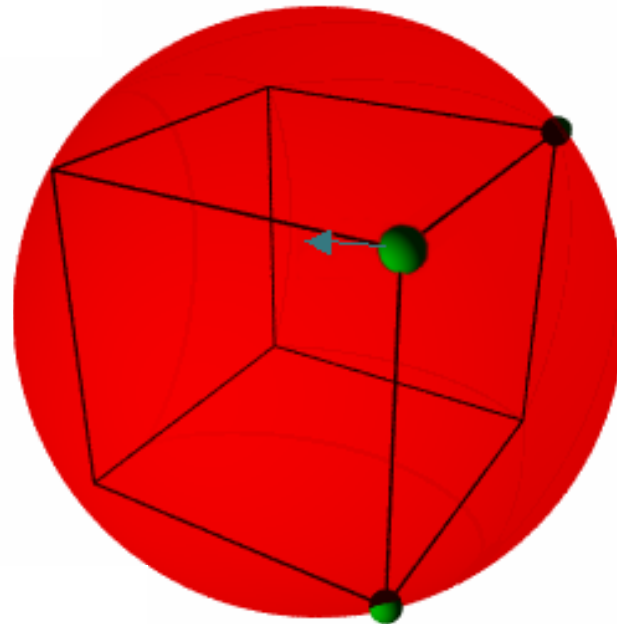
Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro



# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



$$\mathbf{F}_i^t = \mathbf{F}_i - \mathbf{F}_i^n$$

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

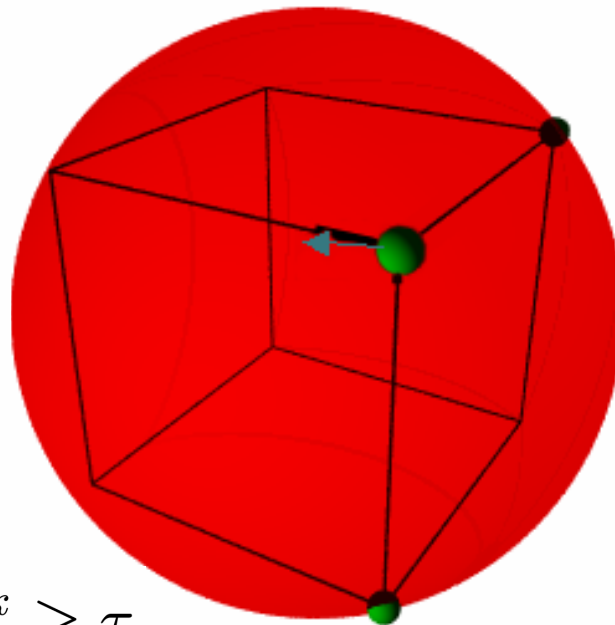
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



$$\mathbf{F}_i^t = \mathbf{F}_i - \mathbf{F}_i^n$$

$$m_i^k = \mathbf{F}_i^t \cdot \mathbf{e}_i^k \geq \tau$$

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

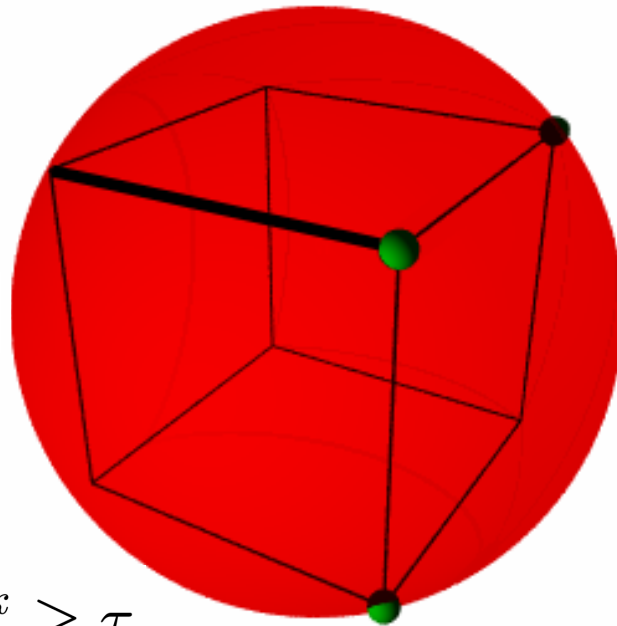
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



$$m_i^k = \mathbf{F}_i^t \cdot \mathbf{e}_i^k \geq \tau$$

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

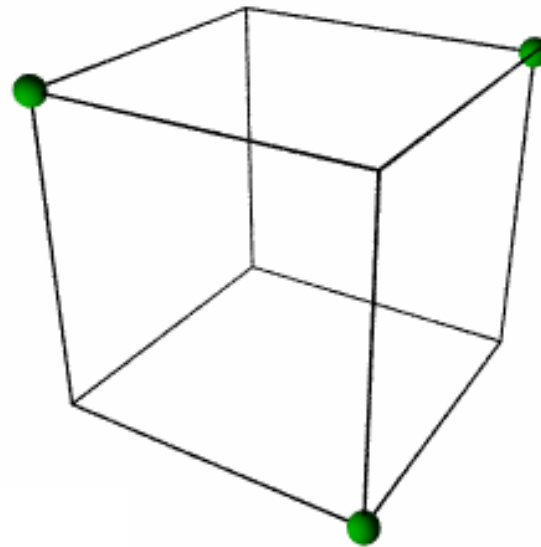
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmo de Repulsión

- Considera las palabras como **partículas cargadas** con la misma carga
- Calcula las fuerzas de repulsión entre las partículas
- Mueve una partícula de acuerdo a la fuerza resultante que se ejerce sobre ella



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

GA

RA

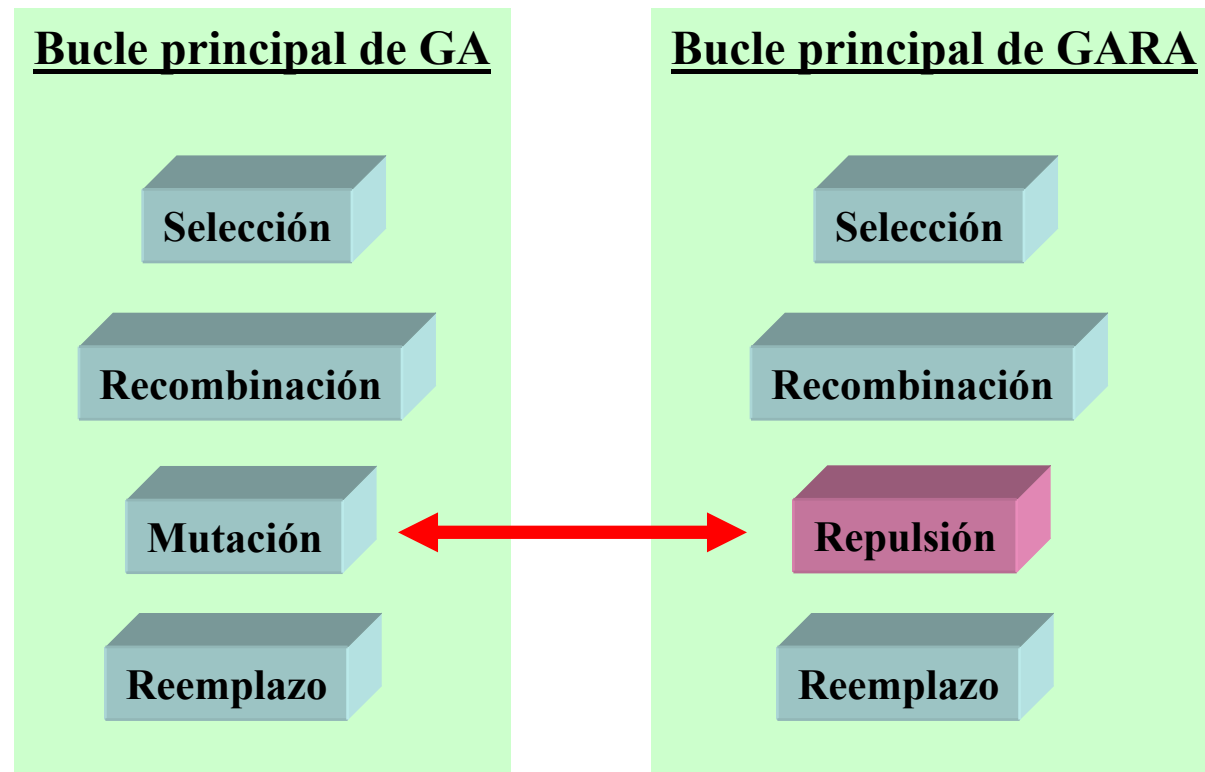
Híbridos

Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Algoritmos Híbridos

- **Hibridación:** Inclusión de conocimiento dependiente del problema
- **Dos tipos:**
  - **Fuerte:** Representación y operadores específicos
  - **Débil:** Combinación de varios algoritmos



GA

RA

**Híbridos**

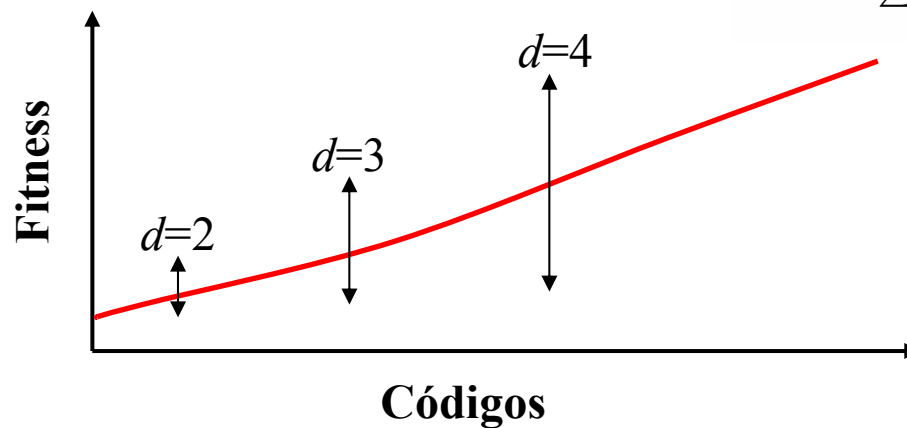
Experimentos

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Fitness

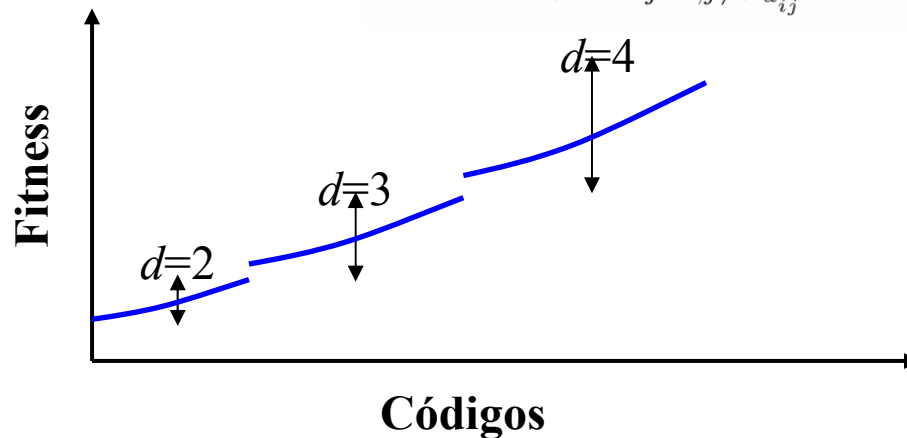
## • Problemas con la función de De Jong

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1, j \neq i}^M \frac{1}{d_{ij}^2}}$$



## • Función propuesta

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1, j \neq i}^M \frac{1}{d_{ij}^2}} + \left( \frac{d_{min}}{12} - \frac{d_{min}^2}{4} + \frac{d_{min}^3}{6} \right)$$



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

Parámetros

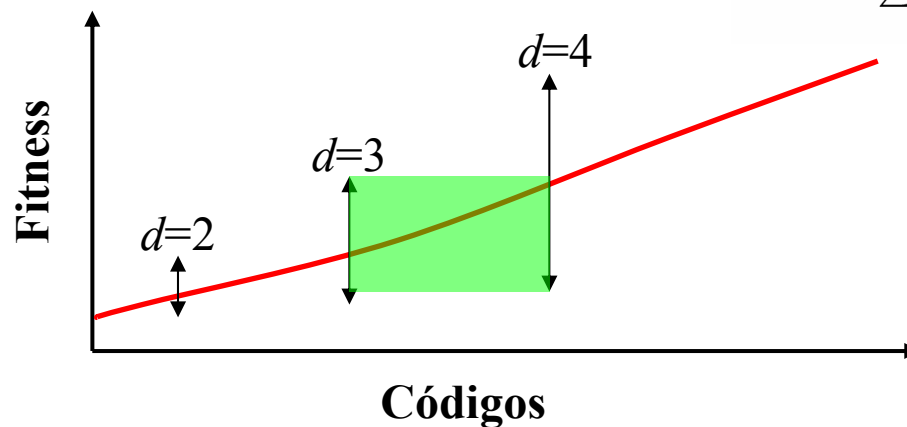
Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Fitness

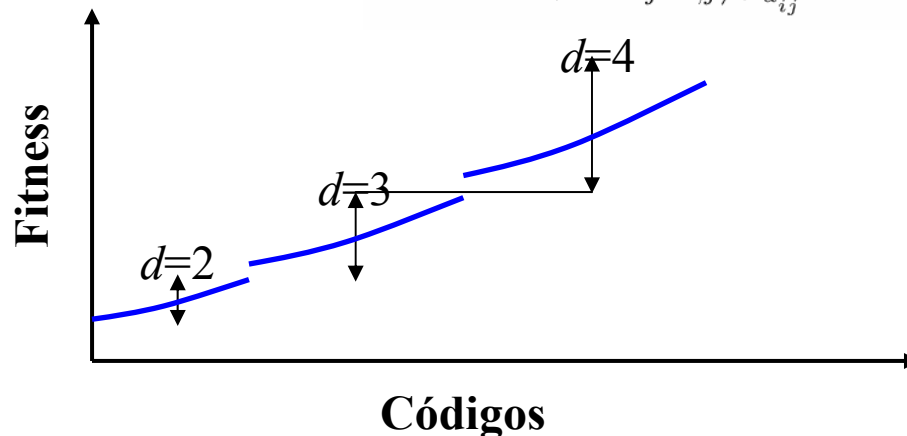
## • Problemas con la función de De Jong

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1, j \neq i}^M \frac{1}{d_{ij}^2}}$$



## • Función propuesta

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1, j \neq i}^M \frac{1}{d_{ij}^2}} + \left( \frac{d_{min}}{12} - \frac{d_{min}^2}{4} + \frac{d_{min}^3}{6} \right)$$



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Parámetros

- Genotipo: concatenación de las palabras del código
- Igual número de **evaluaciones** en todos los algoritmos ( $\approx 2 \cdot 10^5$ )
- Parámetros de CHC, ssGA y cGA

	CHC	ssGA	cGA
<b>Población</b>	30	480	100
<b>Selección</b>		2-Tournament (2 inds.)	
<b>Recomb.</b>	HUX	SPX( $p_c=1.0$ )	
<b>Mutación</b>	Bit-Flip ( $p_m = 0.003$ )		
<b>Reemplazo</b>	Elitista		
<b>Máx. iters.</b>	6720	$10^5$	1000

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro



# Parámetros

- **Parámetros de los Algoritmos Genéticos Distribuidos (5, 10 y 15 islas)**

	dGA5	dGA10	dGA15
<b>Islas</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Tam. Subpob.</b>	<b>96</b>	<b>48</b>	<b>32</b>
<b>Selección</b>	<b>2-Tournament (2 inds.)</b>		
<b>Recomb.</b>	<b>SPX (<math>p_c=1.0</math>)</b>		
<b>Mutación</b>	<b>Bit-Flip (<math>p_m=0.003</math>)</b>		
<b>Reemplazo</b>	<b>Elitista</b>		
<b>Topología</b>	<b>Anillo unidir.</b>		
<b>Tipo Migr.</b>	<b>Asíncrona</b>		
<b>Periodo Migr.</b>	<b>11</b>		
<b>Selec. Migr.</b>	<b>2-Tournament (1 ind.)</b>		
<b>Reemp. Migr.</b>	<b>Peor local si inmigrante mejor</b>		
<b>Máx. iters.</b>	<b><math>10^5</math></b>		

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Parámetros

- **Parámetros del Algoritmo de Repulsión**

	<b>RA</b>
$\tau$	<b>0.001</b>
<b>Máx. Iters.</b>	<b><math>2 \cdot 10^5</math></b>

- **Parámetros de los Algoritmos Híbridos**

	<b>ssGARA</b>	<b>dGARA5</b>	<b>dGARA10</b>	<b>dGARA15</b>
⋮	⋮			
<b>Mutación</b>	<b>Bit-Flip (<math>p_m=0.003</math>)</b>			
⋮	⋮			

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Parámetros

- **Parámetros del Algoritmo de Repulsión**

	<b>RA</b>
$\tau$	<b>0.001</b>
<b>Máx. Iters.</b>	<b><math>2 \cdot 10^5</math></b>

- **Parámetros de los Algoritmos Híbridos**

	<b>ssGARA</b>	<b>dGARA5</b>	<b>dGARA10</b>	<b>dGARA15</b>
⋮	⋮			
<b>Búsq. Local</b>	<b>RA (<math>\tau = 0.001</math> iters.=1)</b>			
⋮	⋮			

Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

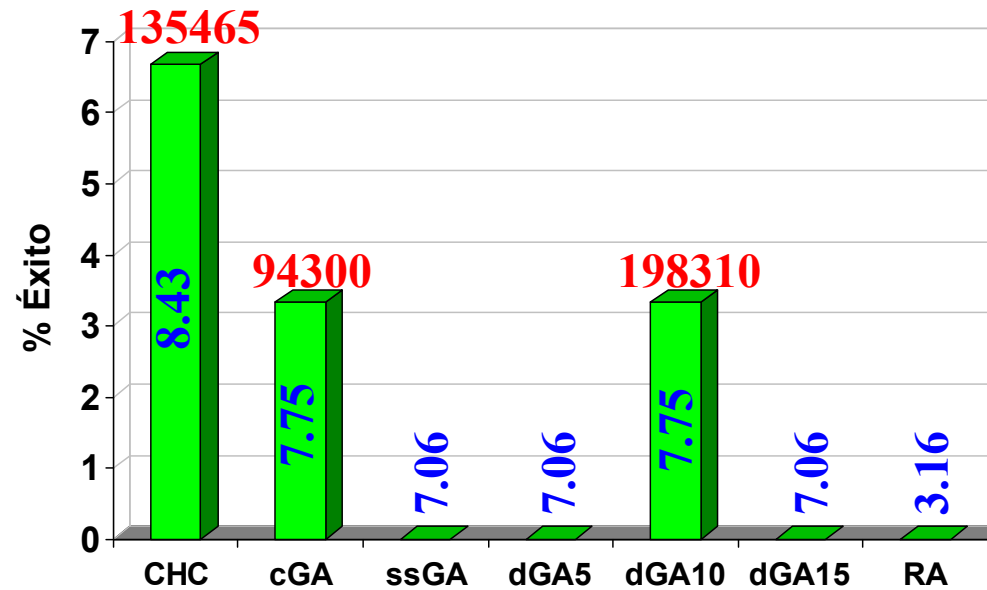
Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Resultados

- Los algoritmos puros obtienen un porcentaje de éxito bajo.
- El fitness de las soluciones de RA es menor que el de los GAs



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

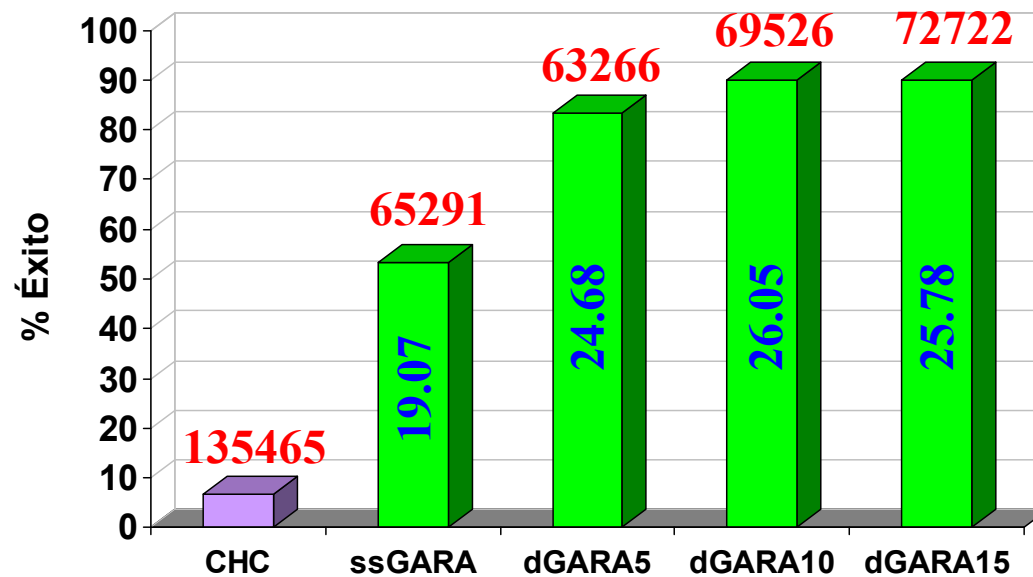
Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Resultados

- Alto porcentaje de éxito en los algoritmos híbridos.
- Los algoritmos dGARA superan en éxito al ssGARA



Introducción

Problema ECC

Algoritmos

Experimentos

Fitness

Parámetros

Resultados

Conclusiones y  
Trabajo Futuro

# Conclusiones y Trabajo Futuro

## Conclusiones

- La **descentralización** y la **hibridación** con RA favorecen la búsqueda
- **CHC** supera al resto de los algoritmos puros
- El incremento del número de islas **no siempre** beneficia la búsqueda

## Trabajo Futuro

- Estudiar otros **algoritmos** para el problema
- Resolver otras **instancias**
- Aplicar la idea del RA a otros problemas (**Thomson**)

**FIN**

# Gracias por su atención !!!



Introducción  
Problema ECC  
Algoritmos  
Experimentos  
Conclusiones y  
Trabajo Futuro