

***"Estudio de Modelos Teóricos de tipo  
NP-completos en el LNGSC, Utilizando  
Algoritmos Evolutivos de Optimización con  
Técnicas de Procesamiento Distribuido"***

Dr. Marco Antonio Cruz Chávez (UAEM)

Dr. Abelardo Rodríguez León (ITVer)



## Contenido

- 1.- Introducción
- 2.- Modelo VRPTW
- 3.- Modelo JSSP
- 4.- Algoritmo Genético para VRPTW
- 5.- Algoritmo Genético para JSSP
- 6.- MiniGRID experimental
- 7.- Ancho de banda y latencia en MiniGRID
- 8.- Resultados del AG para VRPTW y JSSP
- 9.- Conclusiones
- 10.- Trabajos futuros

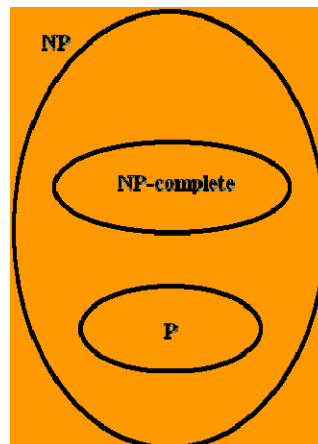
## Introducción

- **Objetivo general**  
Desarrollo de algoritmos evolutivos en plataforma Grid para problemas NP-duros aplicando el estándar MPI
- **Objetivos particulares**
- **Objetivo 1.-** Desarrollo y análisis de una estructura de vecindad con procesamiento distribuido para ser implantada en algoritmos evolutivos.
- **Objetivo 2.-** Desarrollo de un algoritmo evolutivo híbrido con procesamiento distribuido que aplique búsquedas locales con procesamiento distribuido para la optimización de problemas de manufactura y que pueda resolver modelos de estudio tomados de la literatura.
- **Objetivo 3.-** Desarrollo de un algoritmo evolutivo híbrido con procesamiento distribuido que aplique búsquedas locales con procesamiento distribuido para la optimización de una cadena de suministro y que pueda resolver modelos de estudio tomados de la literatura.

## Introducción

### Ciencias computacionales

- Teoría de la complejidad
  - NP-completos
- Problemas de asignación de recursos
  - Cadenas de suministro (VRPTW)
  - Talleres de manufactura (JSSP)



## Modelo VRPTW

$$\min \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in K} \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0jk} = 1 \quad \forall k \in N \quad (3)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ijk} - \sum_{i \in \Delta^+(j)} x_{ijk} = 0 \quad \forall k \in K, i \in N \quad (4)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(n+1)} x_{ijk} = 1 \quad \forall k \in N \quad (5)$$

$$w_{ik} + s_i + t_{ij} - w_{jk} \leq (1 - x_{ijk}) M_{ij} \quad \forall k \in K, (i,j) \in N \quad (6)$$

$$a_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{ijk} \leq w_{ik} \leq b_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} X_{ijk} \quad \forall k \in K, i \in N \quad (7)$$

$$E \leq w_{ik} \leq L \quad \forall k \in K, i \in \{0, n+1\} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N} d_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ijk} \leq C \quad \forall k \in N \quad (9)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall k \in K, (i,j) \in A \quad (10)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, (i,j) \in A \quad (11)$$

## Modelo JSSP

$$\mathcal{J} = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$$

$$\mathcal{M} = \{M_1, M_2, \dots, M_m\}$$

$$\Theta = \{1, 2, 3, \dots\}$$

$$J_k \subseteq \Theta$$

$$M_k \subseteq \Theta$$

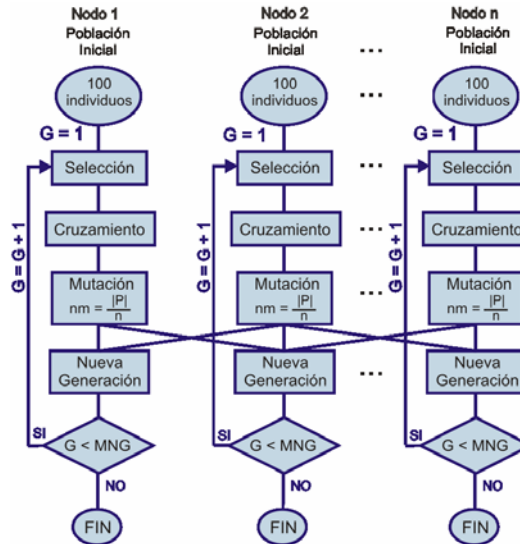
$$\min [\max_{j \in \Theta} (s_j + p_j)]$$

$$\forall j \in \Theta \quad s_j \geq 0, \quad (1)$$

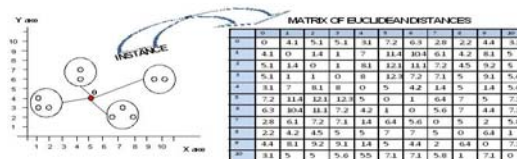
$$\forall i, j \in \Theta, (i, j) \in J_k \quad s_i + p_i \leq s_j, \quad (2)$$

$$\forall i, j \in \Theta, (i, j) \in M_k \quad s_i + p_i \leq s_j \vee s_j + p_j \leq s_i \quad (3)$$

## Algoritmo Genético para VRPTW



## Mutador Inteligente para VRPTW



	V1	V2	V3	
INDIVIDUAL	3	1	9	7
DISTANCE	5.1	1	8.1	2
DEMAND	3	2	1	5
READY TIME OF TIMEWINDOW	4	6	9	11

TOTAL DISTANCE =  $57.2 + d_{10} + d_{10} + d_{10} = 65.3$

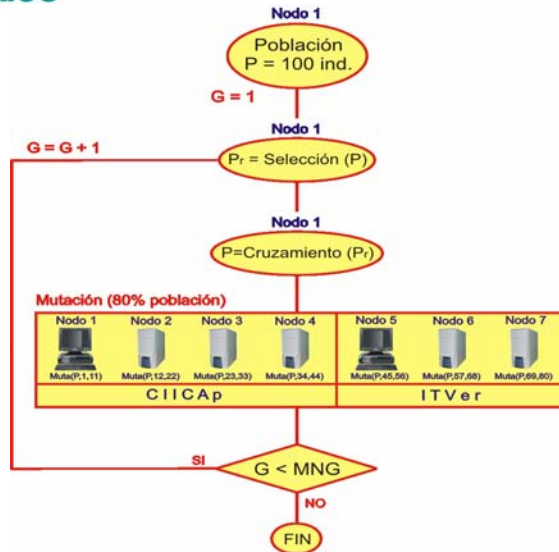
MUTATION

	V1	V2	V3	
INDIVIDUAL	3	1	9	7
DISTANCE	5.1	1	8.1	2
DEMAND	3	2	1	5
READY TIME OF TIMEWINDOW	4	6	9	11

TOTAL DISTANCE =  $43.7 + d_{10} + d_{10} + d_{10} = 55$

V1 VEHICLE  
 V2 VEHICLE  
 V3 VEHICLE  
 CAPACITY OF VEHICLE=2

## Algoritmo Genético para JSSP



## RS con Reinicio para JSSP

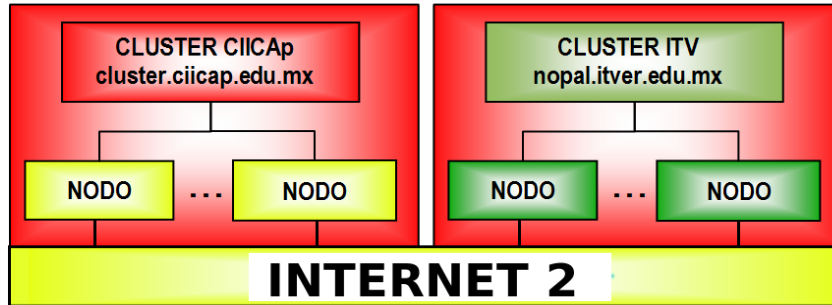
```

• 1 restart = 1, initial values of  $T_0$  or  $T_f$ ,  $\beta$ , LMC
• 2  $s_s = \text{Init\_rand\_solution\_UB}()$ 
• 3 while (restart <= 20){
• 4    $T = T_0$ 
• 5    $s = s_s$ 
• 6   while ( $T \geq T_f$ ){
• 7     iter=1
• 8     while (iter <= LMC){
• 9        $s' = \text{Perturbation}(s)$ 
•10      if ( $f(s') - f(s) \leq 0$ )  $s = s'$ 
•11      else {
•12         $P_{\text{accept}} = e^{-\frac{f(s') - f(s)}{T}}$ 
•13         $\omega \rightarrow (0,1)$ 
•14        if ( $\omega < P_{\text{accept}}$ )  $s = s'$ 
•15      }
•16      if ( $f(s_s) > f(s)$ )  $s_s = s$ 
•17      iter = iter + 1
•18    }
•19     $T = T * \beta$ 
•20  }
•21  restart = restart + 1
•22 }
•Solution  $s_s$ 
    
```

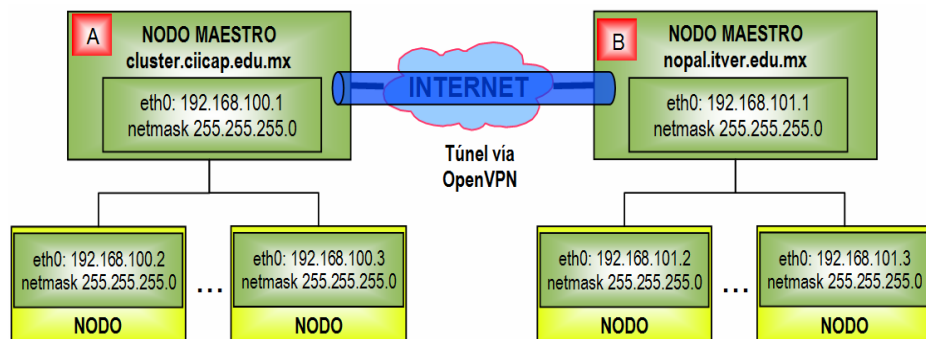
Reinicio

Recocido Simulado

## MiniGRID Experimental



## MiniGRID Experimental

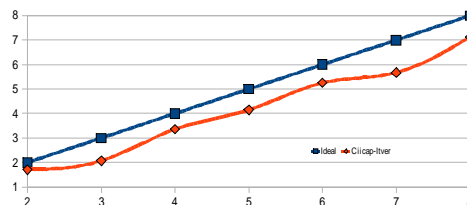


## Ancho de Banda y Latencia

- Pruebas realizadas entre diferentes nodos, en diferentes horas y en diversos días.
- Resultados de Ancho de banda.
  - Variables a lo largo del día
  - Comportamiento similar en diversos días
  - Peores resultados por las mañanas (entre 0.15 y 0.9 Mbps)
  - Mejor resultado en las tardes (entre 2 y 4 Mbs)
- Resultados de Latencia.
  - Variables a lo largo del día
  - Comportamiento variable en diversos días
  - Peores resultados a las 12 y 16 hrs., (entre 40 y 70 ms)
  - Mejores resultados a partir de las 17 hrs., (entre 4 y 9 ms)

## Resultados del AG para JSSP y VRPTW

- AG JSSP : Benchmark LA40 (225 operaciones ) y YN1 (400 operaciones)
  - Pruebas con 18 procesadores (entre los dos cluster)
  - Eficiencia promedio = 19.6%
- AG VRPTW : Benchmark c101-100 (población de 100 individuos) y 5 generaciones.
  - Pruebas con 8 procesadores (entre los dos cluster)
  - Eficiencia promedio = 82.68%
  - Escalabilidad



## Conclusiones

- Los problemas NP-completos son modelos clasificados como los más difíciles de resolver y por lo mismo requieren del uso masivo de recursos computacionales para resolver instancias grandes de aplicación real en tiempos relativamente cortos.
- Se desarrollaron versiones paralelas de 2 algoritmos genéticos cuyo costo computacional secuencial es muy alto.
- Lo anterior da por resultados tiempos más cortos que permiten atacar problemas más complejos en el mismo tiempo o resolver los mismos problemas mas rápidamente.
- Dicha paralelización aprovecha el poder de cómputo de equipos geográficamente dispersos (miniGrid) con lo que se optimizan recursos y se aprovecha el ancho de banda de Internet 2.
- Es necesario contar con infraestructura física más adecuada que permita llevar a una escala mayor los resultados obtenidos hasta ahora.
- El presente proyecto demuestra una vez más la utilidad que se le puede dar a una Grid de cómputo intensivo conectada por internet2

## Trabajos Futuros en Grid

- Ejecución de pruebas en el LNGSC.
- Incorporación de infraestructura basada en Globus.
- Implementación de una Grid institucional UAEM (95 nodos). FCAel, CIICAP, FCQel.
- Implementación de una grid Morelense. UTEZ, UPEMOR, UAEM, ITESM.
- Crecimiento de la MiniGRID Tarantula. +Grid Morelense, + cluster ITVer.
- Línea de investigación en problemas de asignación de recursos.
- Pruebas y desarrollo de codificadores paralelos de video de alta definición sobre la MiniGrid Tarantula.
- Aplicación de modelos paralelos multinivel (MPI, OpenMP, SMP) en GA VRPTW.



## Trabajos Futuros en Grid

- Generación de recursos humanos.
  - Tesis de doctorado
    - Algoritmo evolutivo en ambiente GRID aplicando colonia de hormigas, para el problema de Asignación de Recursos en talleres de manufactura de flujo continuo.
    - Algoritmo evolutivo en ambiente GRID para el problema de redes de distribución de agua.
  - Tesis de maestría
    - Solución al problema de máquinas en paralelo no relacionadas mediante un algoritmo de colonia de hormigas en ambiente GRID.
    - Propuesta de solución al flujo de redes hidráulicas con el Árbol de mínima expansión aplicando algoritmos evolutivos en ambiente GRID.
  - Tesis de licenciatura
    - Desarrollo y evaluación de algoritmos paralelos para el problema de cadena de suministros.

Gracias