



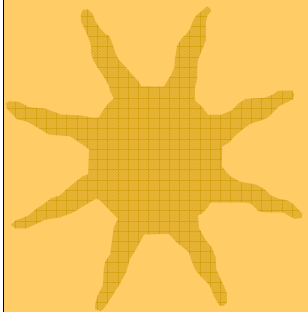
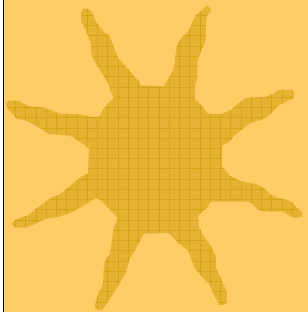
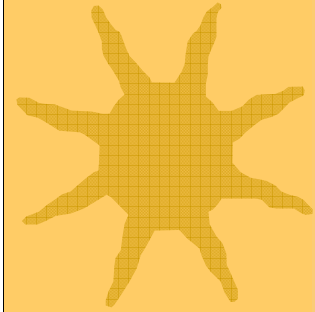
*IMPLEMENTACIÓN  
COMPUTACIONAL PARA EL  
APOYO A LA TOMA DE  
DECISIONES, UTILIZANDO  
METODOLOGÍAS DIFUSAS*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

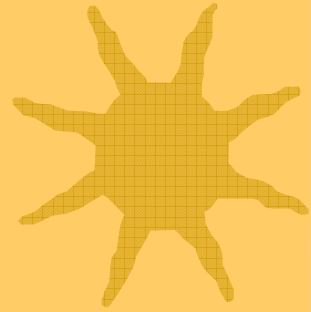
SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE MINAS  
ESCUELA DE SISTEMAS

*Gabriel Jaime Correa Henao  
Gloria Elena Peña Zapata  
Edgardo Anaya Martínez*

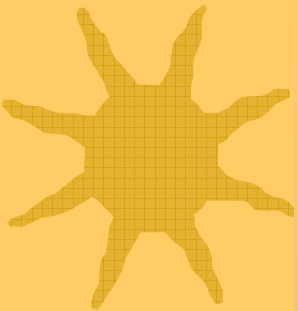


# *INTRODUCCIÓN*

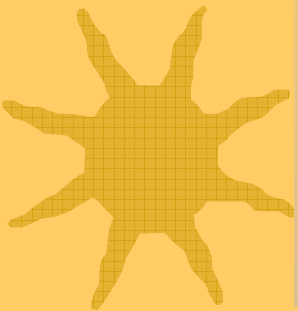
# *La Lógica Difusa en la Toma de Decisiones*



✓ La lógica difusa es un método de razonamiento que permite especificar los problemas de control del mundo real en términos probabilísticos, sin necesidad de acudir a modelos matemáticos y con un nivel de abstracción mucho más elevado.



✓ No utiliza conceptos absolutos, sino valores variables de pertenencia, siguiendo patrones de razonamiento similares a los del ser humano



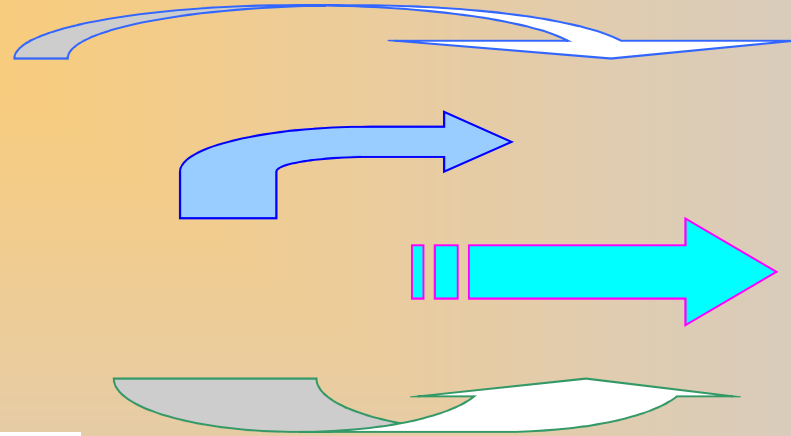
## ¿Qué significa AMO?

- ✓ El *Análisis Multiobjetivo (AMO)*, es una rama de la Investigación de Operaciones, que permite evaluar diferentes alternativas en un problema donde se tienen en cuenta unas metas y unas limitaciones o restricciones.
- ✓ La *Toma de Decisiones* aprovecha técnicas de Análisis Multiobjetivo, para solucionar problemas de trascendencia.

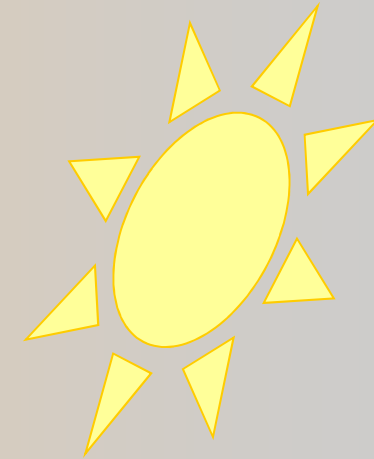
# Metodologías Discretas



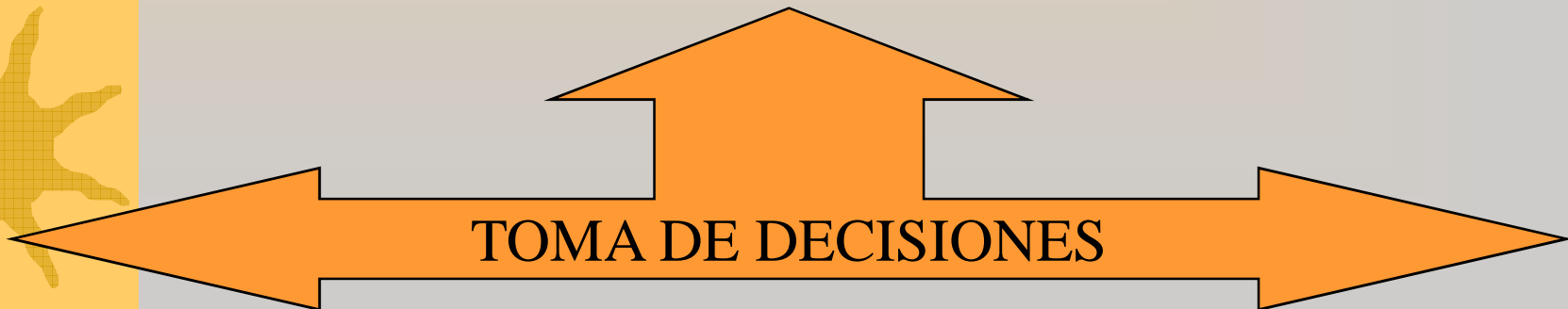
**RESTRICCIONES**



**CONJUNTO DE ALTERNATIVAS**



**OBJETIVOS DESEADOS**



**TOMA DE DECISIONES**



# Metodologías Continuas

Solución de modelos de programación lineal, planteados de la forma:

$$\max z_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \cdot x_j, \quad i = 1, 2, \dots, p$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot x_j \leq \sim b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\ x_j \geq \sim 0 \end{array} \right.$$

# Metodologías Continuas

Solución Problema:

- Defuzzificación de la Función de Restricción, usando los valores de la función objetivo *con* y *sin* violaciones
- Solución del P.L. Auxiliar.

$$\max \lambda$$

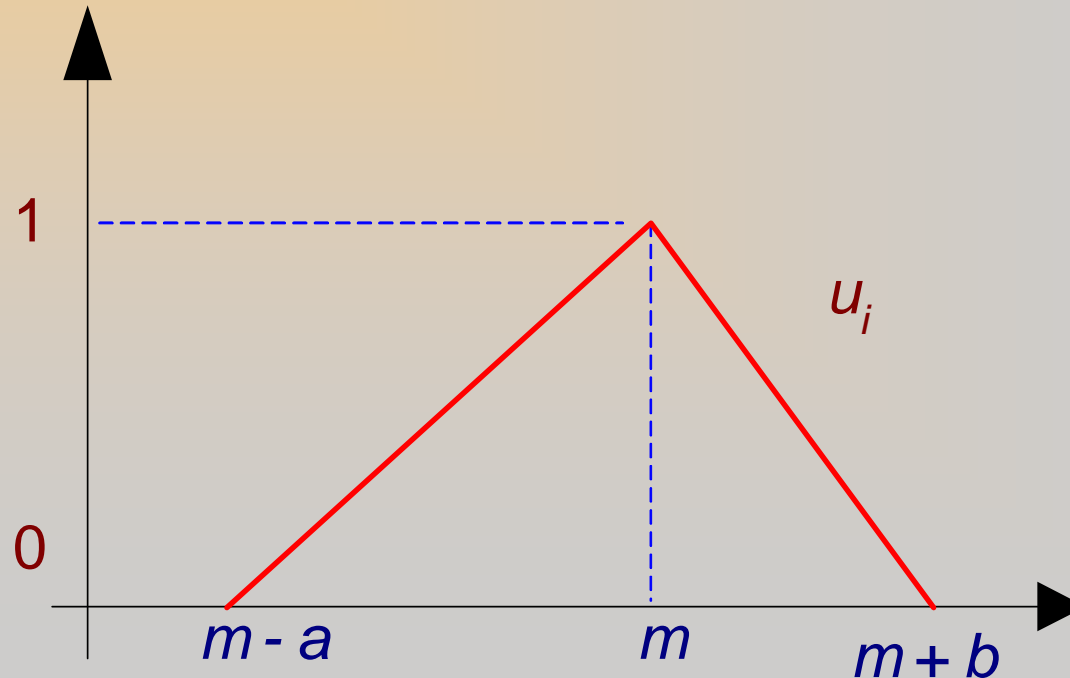
$$\text{sujeto a: } \left\{ \begin{array}{l} \lambda \cdot (z_i^+ - z_i^-) - z_i(x) \leq -z_i^- \\ \lambda \cdot p + A \cdot x \leq b + p \\ \lambda \leq 1 \\ x, \lambda \geq 0 \end{array} \right.$$

# Metodologías Continuas

## Formulación de Modelos con Números Difusos

*Número difuso triangular asimétrico*

$$\bar{a} = (m - \alpha, m, m + \beta)$$





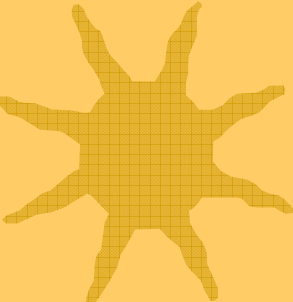


# Metodologías Continuas

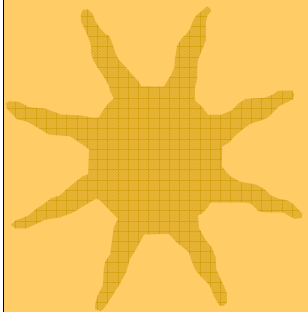
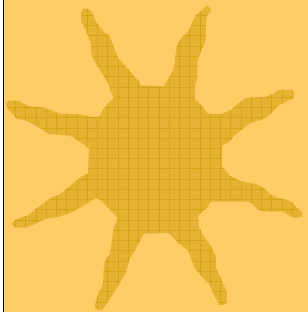
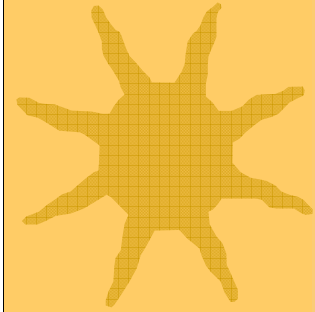


## *Transformaciones para la solución del problema difuso*


$$\max f(x)$$


$$\text{s.a: } \bar{a}_{i1} \cdot x_1 + \dots + \bar{a}_{in} \cdot x_n \leq \bar{b}_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$



# *GENERACIÓN DE ALGORITMOS*



# *Implementación de la Metodología Formulada*

## *Herramienta Computacional*



► Plataforma en lenguaje, Borland C++ Builder, con interfaces VCL (Visual Components Library)



■ Algoritmos de Desarrollo en Matlab.

1. Toolbox de Compilación

2. Genera archivos en C++.

3. Potencialidad



# *Implementación de la Metodología Formulada*



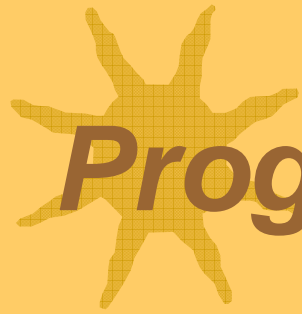
Intercambio  
Dinámico de Datos



Computación con palabras, teniendo en cuenta las vaguedades e incertidumbres del lenguaje humano, para realizar la mejor decisión (optimización difusa)

Interacción con el Decisor





# *Programación de los Algoritmos*



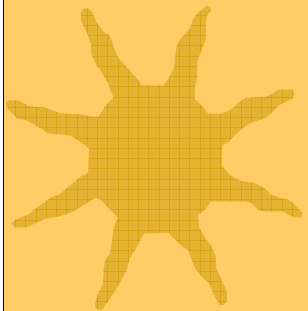
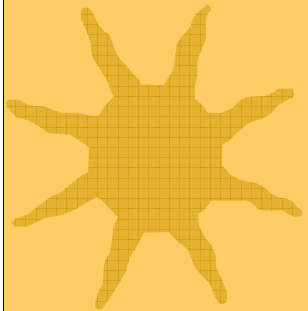
Se elige la plataforma MATLAB

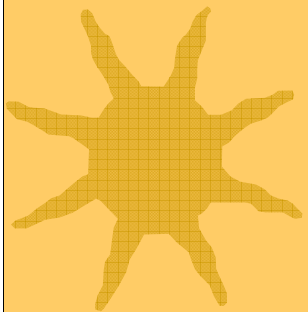
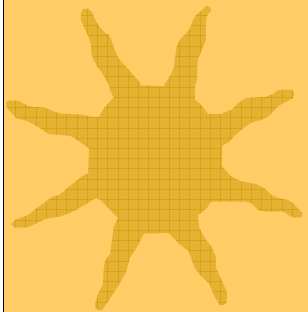
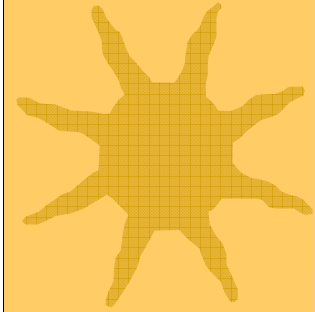
➤ MATLAB ofrece alta capacidad de procesamiento matemático.

➤ Sirve Para generar algoritmos de alta capacidad computacional.

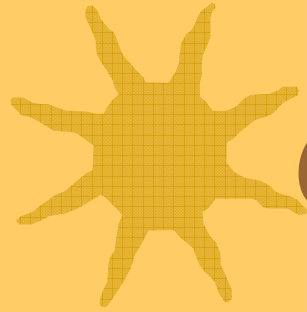
➤ Dichos algoritmos son muy difíciles de implementar en plataforma C++.

Finalmente, se realiza el intercambio dinámico de datos, de archivos compilados, con el lenguaje de Programación Borland C++ Builder.





# *COMPILACIÓN DEL CÓDIGO MATLAB*



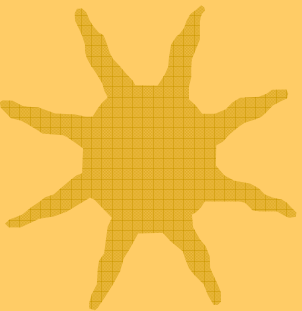
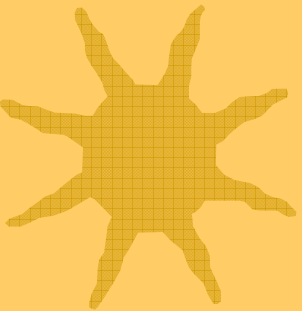
# Compilación del Código

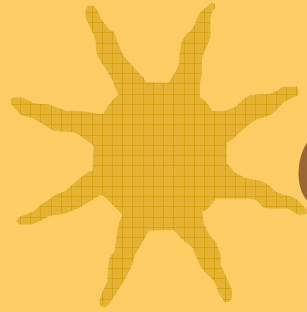


Uso de la Toolbox de Compilación (*Matlab Compiler*)

El código compilado puede ser transformado en librerías:

- Archivos tipo DLL.
- Archivos compatibles con lenguaje C++.
- Archivos compatibles con programas elaborados en Visual Basic, Java y Visual C++.

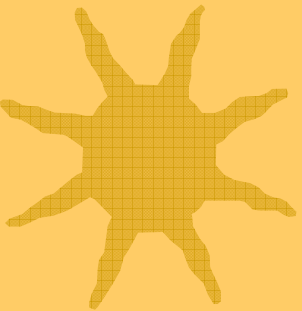




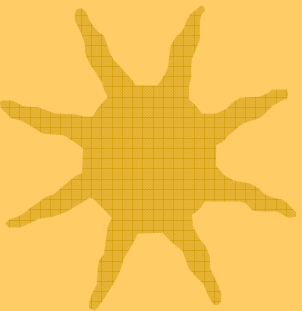
# Compilación del Código



➤ El Compilador de MATLAB permite traducir códigos de archivos *\*.M* en archivos *C* ó *C++*. .



➤ El Compilador de MATLAB, también genera código compatible *Fortran*.


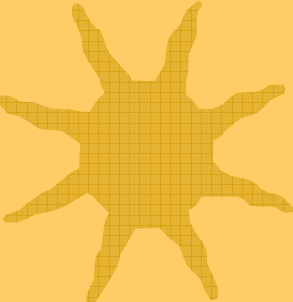
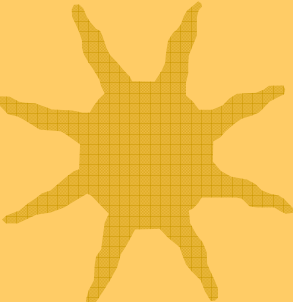


➤ La compilación de código también se puede efectuar a partir de archivos *Simulink* (*\*.MDL*).

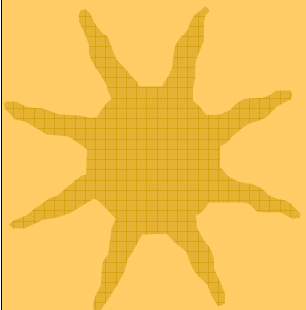
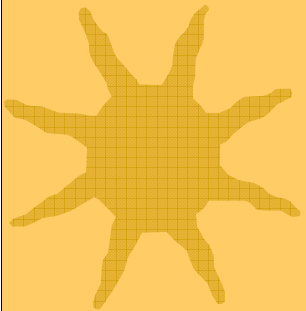
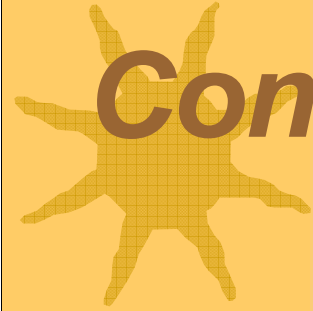




# *Ventajas de Compilar Código*

- 
1. Crear aplicaciones independientes de MATLAB, que puedan correr en cualquier plataforma.
  2. Crear Librerías de Intercambio dinámico de Datos (\*.DLL), las cuales son compatibles con la mayoría de los lenguajes de programación.
  3. Esconder algoritmos propietarios de MATLAB.
  4. Mejorar el tiempo de procesamiento del código
- 
- 

# Configuración de la Toolbox de Compilación



- `mex -setup`

-Permite ajustar el tipo de plataforma programación

- La configuración soporta los lenguajes Visual C++, Borland C++ Builder, Fortran, LCC de MATLAB.

- `mbuild -setup`

Permite incluir la librería de gráficos C/C++ en la compilación

# Uso de la Toolbox de Compilación

- Comando para la generación de Librerías para ser incluidas en aplicaciones Borland C++ Builder

```
mcc -t -B sgl -L C -W lib:mi_libreria  
-T link:lib -h archivo1.m archivo2.m  
... archivo_n libmmfile.mlib
```

# Uso de la Toolbox de Compilación

- Este procedimiento genera las librerías de intercambio dinámico de datos. Esto es, se crea el archivo **mi\_libreria.DLL**.

- Asimismo, el compilador genera los siguientes archivos:

- mi\_libreria.lib**
- mi\_libreria.h**
- mi\_libreria.c**
- mi\_librerialib.h**
- mi\_librerialib.c**
- mi\_libreria.dll**



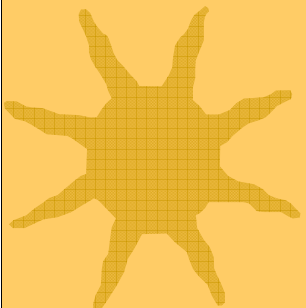
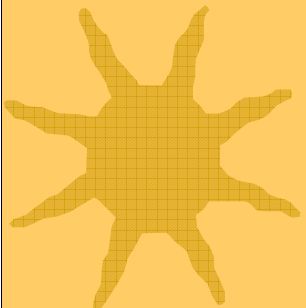
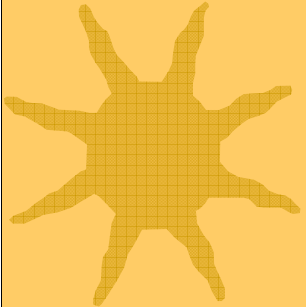
# Uso de la Toolbox de Compilación

Librerías de Matlab necesarias para independizar la aplicación:

- libmmmfile.lib
- libmatlb.lib
- libmx.lib

Las librerías ofrecidas por Matlab son compatibles con:

- Borland
- Microsoft (msvc5, msvc6)
- Digital





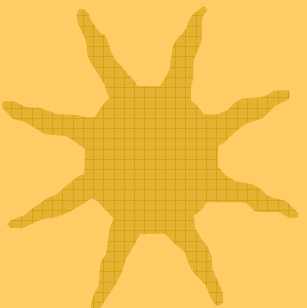
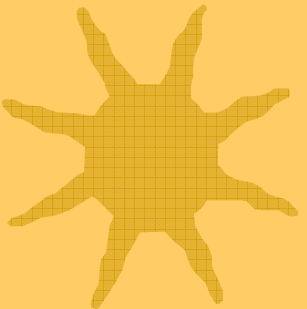
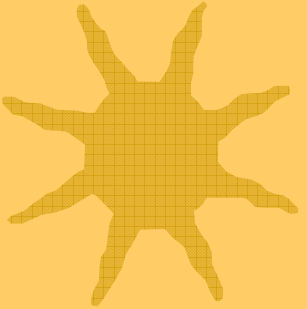
# Uso de la Toolbox de Compilación

---

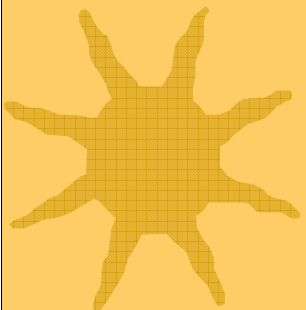
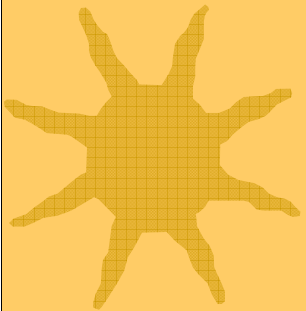
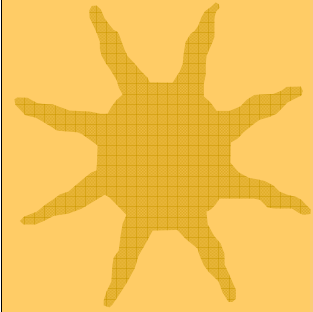
Creando los .lib que necesita C++builder:

- Comando de Borland “**Implib**”:
- Se necesita pasar los archivos “.def” a “.lib”

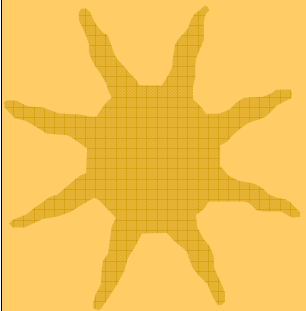
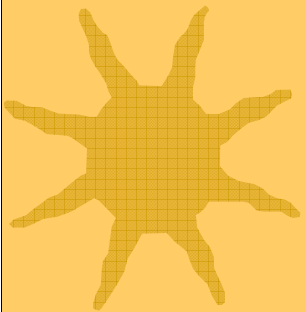
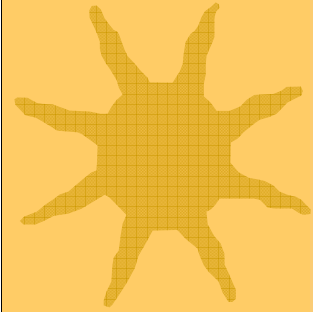
```
implib %LIBDIR%\libmmfile.lib%MATLAB%\_libmmfile.def
```



# Uso de la Toolbox de Compilación



- Para incluir dichos archivos en el entorno de programación C++ Builder, es necesario incluir dichos archivos al proyecto y efectuar un llamado a la función `mi_libreriaInitialize()`
- Asimismo es necesario efectuar un llamado a la función `mi_libreriaTerminate()` justo antes de salir de la aplicación C++Builder



# *HERRAMIENTA FUZZY ELECCIÓN*



# Herramienta Computacional

- Permite la solución de problemas de toma de decisiones, en ambiente discretos y continuos, mediante el uso de *Metodologías Difusas*



Fuzzy Elección v 1.0

# Herramienta Computacional

## Generación de Resultados a partir de razonamientos entregados por el decisor

Respuestas entregadas por Matlab, visualizadas en C++

Fuzzy Elección - Definición de las Importancias de las Metas y Restricciones

**Ponderaciones de los Objetivos y de las Restricciones del problema de Decisión**

El Objetivo **Seguridad** es  Arriba Abajo  
Fila

MÁS importante      MENOS importante

Que el Objetivo **Fomento de Ahorro** << Anterior  Siguiente >>  
Columna

**Matriz de Importancias**

	Rentabi	Liquides	Segurid	Mínimo	Foment	Foment	Comisio	Inflac
Rentabi	1	2	0,250	0,500	9	9	3	4
Liquides	0,500	1	1	0,5	8	8	3	1
Segurid	4	1	1	0,333333	7	3	3	3
Mínimo	2	2	3	1	5	8	3	5
Foment	0,111111	0,111111	0,125	0,200	1	1	0,5	0,333333
Foment	0,111111	0,125	0,142857	0,125	1	1	0,333333	0,5
Comisio	0,333333	0,333333	0,333333	0,333333	2	3	1	1

Factor de Consistencia   
 Ver Sugerencia

Si la Consistencia, es menor de 0.10, entonces los pareamientos en la Matriz de Importancias son correctos

Deseo Comparar Objetivos con Restricciones

# Herramienta Computacional

Visualización de Resultados entregados por el Código MATLAB, en interfaces C++ Builder

**Factores de Importancia**

Nº	Objetivo	Valor de importancia
1	M1	1.078
2	M2	1.455
3	M3	1.265
4	M4	0.893
5	R1	1.184
6	R2	1.024
7	R3	0.194
8	R4	0.908

Se indica la importancia que tiene para el Decisor cada Objetivo y/o Restricción

Ver Descripción

**Vector de Ponderadores OWAS**

Nº factor	Valor Pesos
1	0.417
2	0.417
3	0.167
4	0.000
5	0.000
6	0.000
7	0.000

El Vector de Pesos Ponderados contiene los términos resultantes al calcular los Operadores OWA, según la configuración elegida por el Decisor (MEOWA ó EZ-OWA)

Ver Descripción

Optimismo/Pesimismo del Decisor

Aversión/Propensión al Riesgo (Escala 0 - 100%)

Ver Sugerencia

# Herramienta Computacional

Entrada de variables desde interfaz C++  
Builder para procesamiento en código  
compilado de MATLAB

Parámetros de  
Entrada para  
funciones  
programadas  
en MATLAB

Declaración de Funciones Objetivo con Números Difusos

### Coeficientes de Costo de las Funciones Objetivo

#### Números Triangulares Difusos

Min/Max	Objetivos	X1	X2	X3
Min	Z1	(-5,-4,-1)	(2,7,10)	(-9,5,-9,0)
Max	Z2	(-1,5,-1,-0,5)	(-1,8,2,2,5)	(-1,1,0,1)

Editar el numero difuso:

A: -1.1    B: 0    C: 1

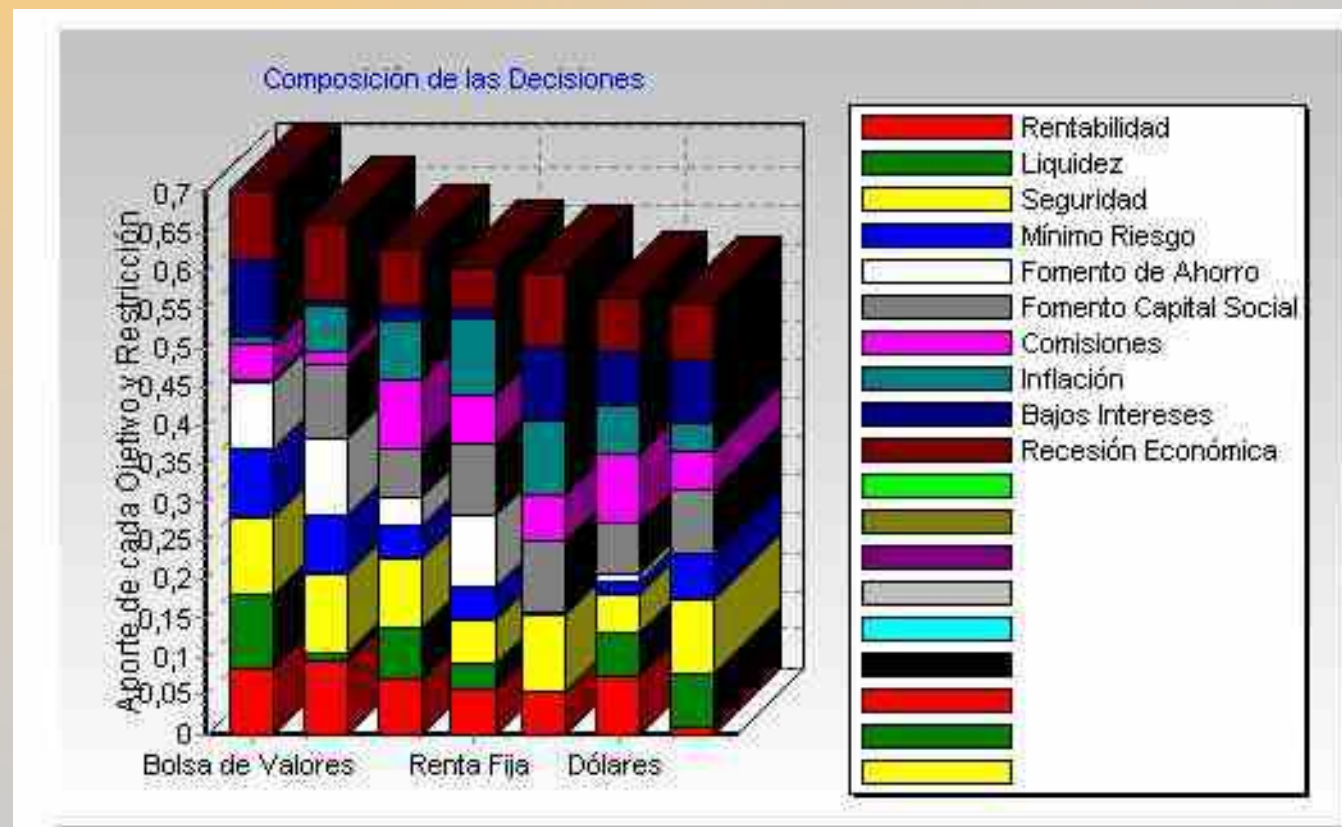
Aplicar

Aceptar    Cancelar    Ayuda

Adicionar Objetivo  
Eliminar Objetivo  
Adicionar Variable de Decisión  
Eliminar Variable de Decisión

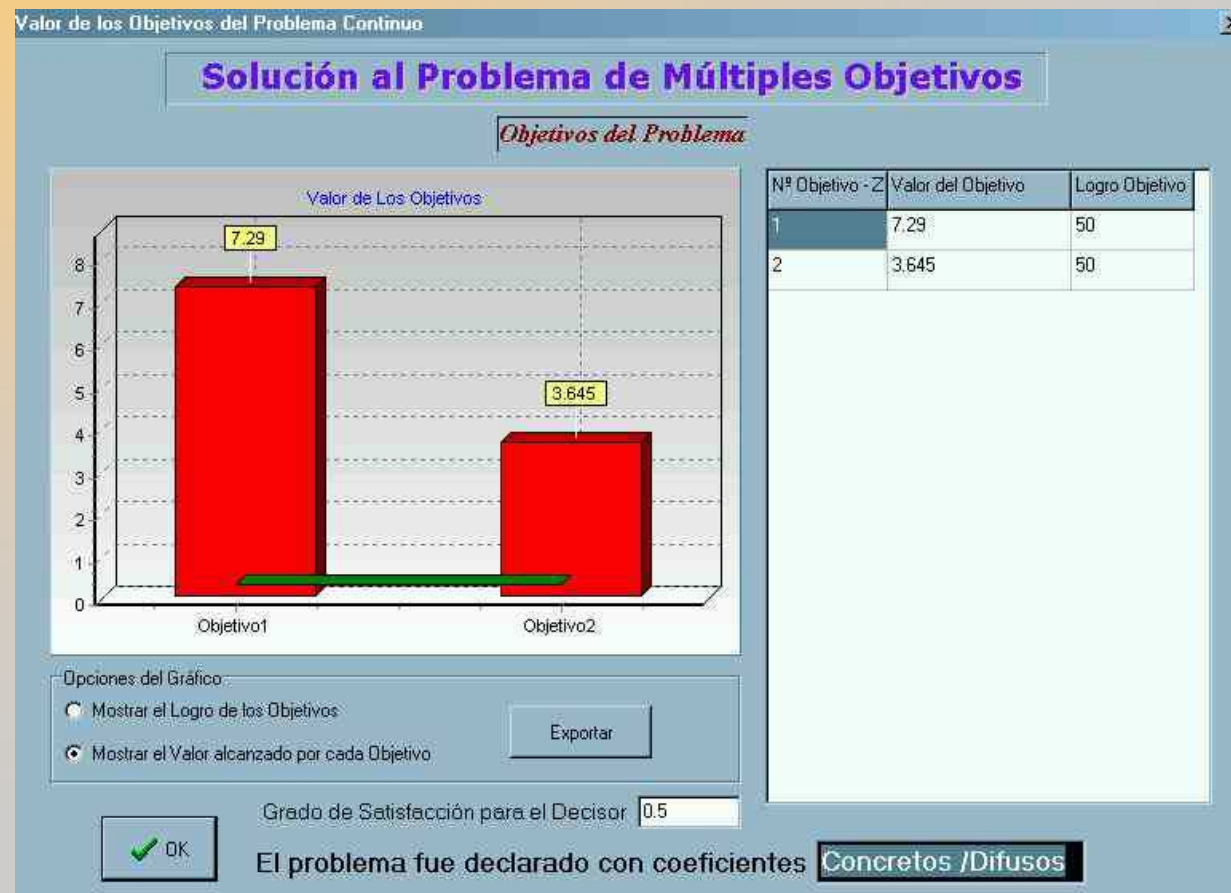
# Herramienta Computacional

## Visualización de Resultados entregados por MATLAB para Problemas Discretos



# Herramienta Computacional

## Visualización de Resultados entregados por MATLAB para Problemas Continuos



# Conclusiones

- ◆ Se ha creado una herramienta computacional con algoritmos de alto nivel que permiten solucionar problemas multiobjetivo continuos, mediante el uso de lógica difusa. La misma se convierte en la primera en su género a nivel internacional.
- ◆ Las metodologías con apoyo en los operadores difusos se convierten en una manera más efectiva para entender el mundo real, toda vez que permiten compensar las inconsistencias debidas a la concepción determinista de las herramientas duras en la Investigación de Operaciones.

# Muchas Gracias

## por su Atención

